అయిన్‌స్టీన్ సాపేక్షతావాదము

రచయిత:

శ్రీపాద గోపాలకృష్ణమూర్తి



ప్రకాశకులు:

ఆంధ్ర గీర్వాణ విద్యాపీఠము

శ్రీ వల్లూరి సూర్యనారాయణరావుపంతులుగారి గ్రంథనిధి

కొవ్వూరు, ప|| గోదావరి

1963

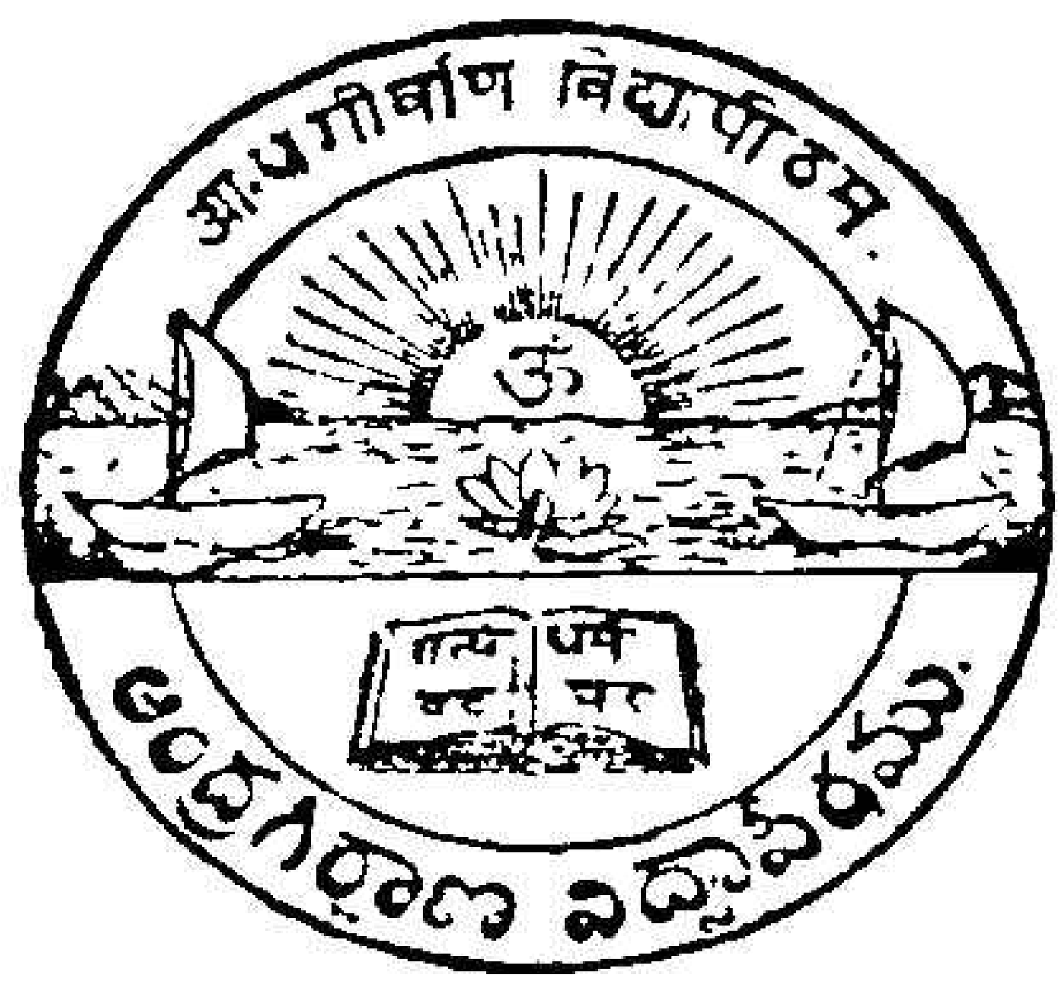
CI

అయిన్‌స్టీన్ సాపేక్షతావాదము

రచయిత:

శ్రీపాద గోపాలకృష్ణమూర్తి

D — 3690/65



ప్రకాశకులు:
ఆంధ్రగీర్వాణ విద్యాపీఠము

శ్రీ వల్లూరి సూర్యనారాయణరావు పంతులుగారి
గ్రంథనిధి:
20 వ ప్రచురణము

1963

౨౦౦

మూల్యము
రు 1-00

గ్రంథ నిర్ణాయక సంఘ సభ్యులు

1. శ్రీ కాశీపట్నపు కొండయ్యగారు, ఎం.యస్.సి. (నిడదవోలు)
2. శ్రీ తల్లాప్రగడ ప్రకాశరాయుడుగారు, ఎం.ఏ. (రాజమహేంద్రవరము)
3. శ్రీ ముదిగంటి జగ్గన్నశాస్త్రిగారు, బి.ఏ. (తణుకు)
4. శ్రీ వల్లూరి జగన్మోహన్ గారు, బి.ఏ.ఎల్.ఇ.ఇ. (బొంబాయి)
5. శ్రీ కే. వేం. నృ. అప్పారావుగారు. ఎం.ఏ. (కొవ్వూరు) (వ్యవహర్త)

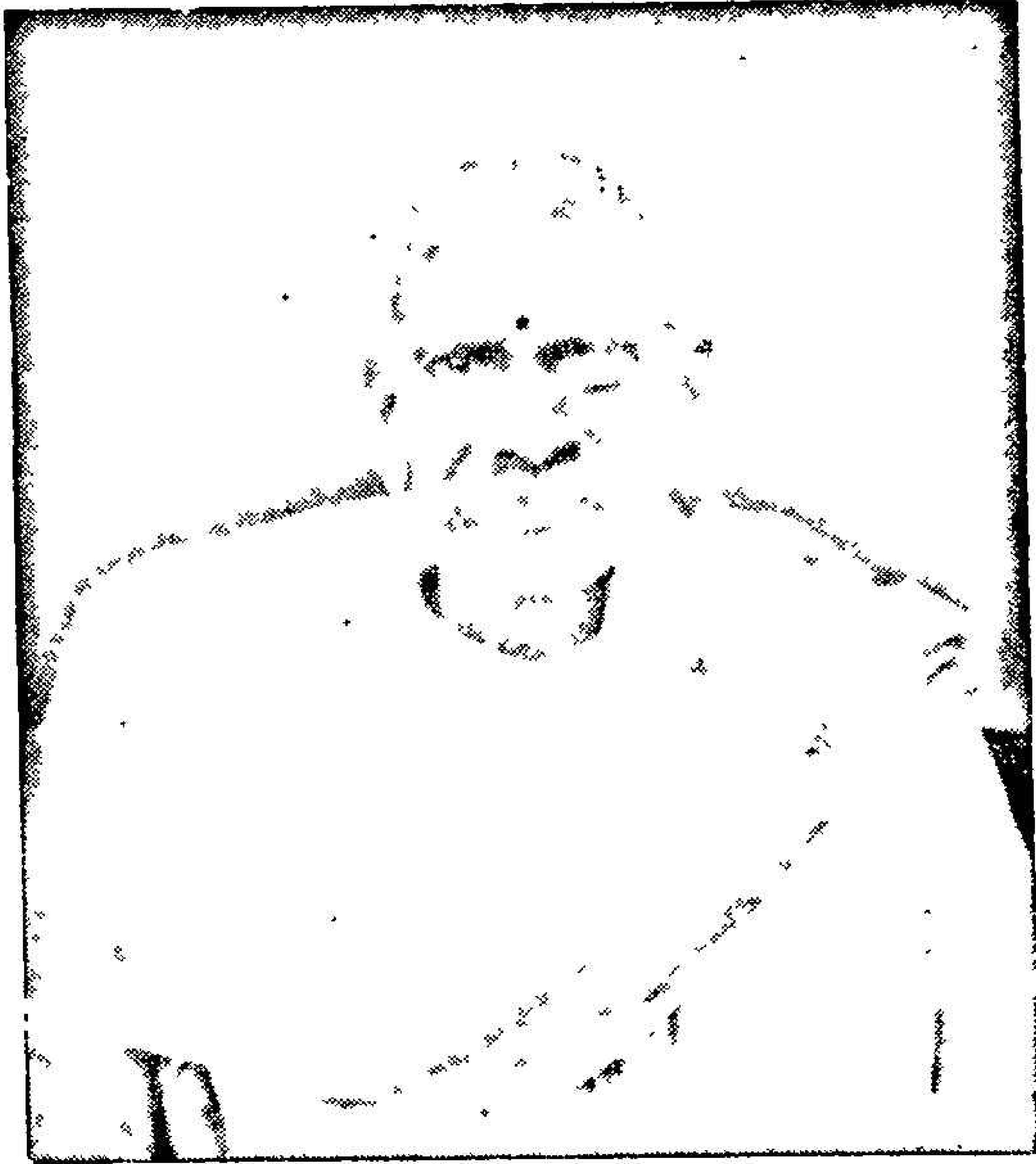
Published by the Andhra Girvana Vidyapeetham
Valluri Suryanarayana Rao Trust - Kovvur,
W. Godavari Dist., Andhra Pradesh

and

Printed by A. Nageswara Rao at Saraswathi Power Press
Rajahmundry

TPLA10QB934

3



కీ. శే. వల్లూరి సూర్యనారాయణరావుగార

1866 - తూర్పు గోదావరిజిల్లా రాజోలు తాలూకా కడల

రాజమహేంద్రవరం ప్రభుత్వ కళాశాలలో బి. ఎ.

రాసులో బి. ఎల్., ఎల్. టి.

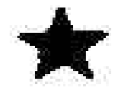
పేట టీచర్సు కాలేజీలో ఉపాధ్యాయులు.

లో వృత్తిని త్యజించి దేవా

ధర్మసంస్థలను

కీ.

అం



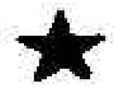
అంకితము

విజ్ఞానయాత్రకు నాకు బాట కల్పించిన

గురుపాదులు

రంగధామరావుగారికి

వినయాంజలితో



శ్రీపాద గోపాలకృష్ణమూర్తి

మనవి

అయిన్‌స్టీను సాపేక్షతావాదమును వీలైనంత సమగ్రముగా చేతనైనంత
తెల్లముగా తెలుగులో చెప్పే ప్రయత్నమిది. వస్తువు చాలా క్లిష్టమైనది.
అవగాహన చేసుకుంటూ చదవ వలసినది. ప్రతి అధ్యాయమూ రెండు
చదువుతూ పోతే సులువౌతుందని మనవి. ఇంగ్లీషుమాటలు, ఆనవాలు
కోసమే ఇచ్చానుగాని అర్థము చేసుకోవాలని కాదు. వాక్యనిర్మాణములో
సంప్రదాయాన్నే పాటించానని నానమ్మకము. మాండలిక నియమాల్ని పా
లేదు. ప్రసాద గుణము కోసమే లోభించాను. క్లిష్టమౌతుందేమోనని జంకు
చోట సంధులు విరగగొట్టేను. సాధ్యమయినంత వరకు అందరూ ఉపయో
పారిభాషిక పదాల్నే వాడేను. దీర్ఘసమాసాలు వాడడంలో మన శాస్త్రగ్రం
భాష ఈరీతిగా వుంటుందని చూపించే చాపల్యము పనిచేసి ఉండవచ్చు న
శాస్త్ర వస్తువుని కష్టతరముచేసే భాషా పాండిత్య ప్రదర్శనము కాదని
ఈ పుస్తకాన్ని చదివి, చేయదగిన మార్పులు సూచించిన సహృదయులకూ
బోయే చదువరులకూ నాకృతజ్ఞత.

నెల్లూరు
25-3-61

శ్రీపాద గోపాలకృష్ణమూ

7

ప్రకాశకుల విజ్ఞప్తి

చల్లూరి సూర్యనారాయణరావు పంతులుగారి గ్రంథప్రచురణ నిధి
?0 వ గ్రంథముగా డాక్టరు శ్రీపాద గోపాలకృష్ణమూర్తిగారు రచించిన
ఈ గ్రంథమును ఆంధ్రమహాజనులకు అందజేయ గలిగి నందులకు
చున్నాము. ఇందలి విషయము మహత్త్వపూర్ణము. రచయిత సమర్థులు.
ర్వప్రచురిత గ్రంథములవలెనే ఇదియు విద్వజ్జనులచే ఆదరింపబడ గల
చున్నాము.

క విజ్ఞానవేత్తలలో అయిన్‌స్టీను మహాశయునికిగల స్థానము అద్వితీయము.
క్షేత్రమున అద్వైతమత స్థాపనాచార్యులైన శ్రీశంకరులకెట్టి స్థానము
?కక్షేత్రమున అయిన్‌స్టీనుకు అట్టి స్థానమే కలదు. తర్కశాస్త్రశక్తిచే
కు అద్వైతమును శంకరులు స్థాపింపగా, గణితశాస్త్రయుక్తిచే దేశ
కు అభేదమును అయిన్‌స్టీను స్థాపించెను. జాగ్రత్ స్వప్నసుషుప్తులను
వ రెటిగియుండగా, బ్రహ్మానందానుభూతిని గల్గించు తురీయావస్థను శంక
చించినట్లే పొడుగు, వెడల్పు, ఎత్తు అను మూడు పరిమాణములు మాత్రమే
న్న వైజ్ఞానిక లోకమునకు 'కాలము' అను నాలుగవ పరిమాణమును
దర్శించి ఆచార్యపీఠము నధిష్ఠించిన మహానుభావుడు అయిన్‌స్టీను.
చాంత మెంత గహనమో, అయిన్‌స్టీను సాపేక్షతాసిద్ధాంతమును అంత
అయినను అటు విజ్ఞానశాస్త్రములోను, ఇటు సాహిత్యరంగములోను
పారకృషి చేసి, సవ్యసాచి యనదగిన శ్రీ గోపాలకృష్ణమూర్తిగారు
లకుగూడ అర్థమగురీతిగా చక్కని దృష్టాంతములతో ఈ సిద్ధాంతమును
?ంచి నందుకు విజిజ్ఞాసువులెల్లరు వారికి కృతజ్ఞులై యుండగలరు. ఈ
యొక్క ప్రథమ ముద్రణాధికారమును నిష్కామబుద్ధితో విద్యాపీఠమున
రచయితకు విద్యాపీఠమువారు కృతజ్ఞులు. దీనిని చక్కగా ముద్రించి
?న శ్రీ సరస్వతీ పవర్ ప్రెస్సువా రభినందనీయులు.

ఇట్లు విన్నవించు,

?వాణ విద్యాపీఠము,
కొవ్వూరు,
18-9-63

కే. వెం. నృ. అప్పారావు,
వ్యవహర్త
గ్రంథ నిర్ణాయక సంఘము

7

అభిప్రాయం

ప్రఖ్యాత వైజ్ఞానికులు

శ్రీ కాళీపట్నపు కొండయ్య, ఎం. ఎస్‌సి.

శ్రీ శ్రీపాద గోపాలకృష్ణమూర్తి గారు వ్రాసిన 'అయిన్‌స్టీను సాపేక్ష తము'ను గురించి వ్రాసిన పుస్తకమును అమూలాగ్రముగా చదు- నాకు లభించినందులకు ఎంతగానో సంతసించితిని. అయన వ్రాసిన బహు క్లిష్టమైనది. అయితే క్లిష్టవిషయములను, బహుతేలికగా తే- వ్రాయగలసమర్థులలో ఆయన పేరెన్నిక గన్నవారు.

పూజ్యులైన అయన గురుపాదులు శ్రీ రంగధామరావుగారికి ఈ ర యాంజలితో నంకితమొనర్చుట ఎంతో ఉచితము.

అదికాక ఈ గ్రంథమును 'ఆంధ్రగీర్వాణ విద్యాపీఠము' వారు టకు పూనుకొనుట మిక్కిలి ముదావహము. కీర్తిశేషులు వల్లూరి సూర్య రావుగారి గ్రంథనిధినుండి ప్రచురితం కావడం ప్రశంసనీయము. బహు అయిన్‌స్టీను మహాశయుని సాపేక్షతావాదమును సులభశైలిలో, అంధ్ర- వమర్పించిన శ్రీ గోపాల కృష్ణమూర్తిగారు ధన్యులు.

ఇట్లు

బుధజనవిధేయుడు

కాళీపట్నపు కొం

నిడదవోలు
6–9–63

విషయసూచిక

1

అయిన్‌స్టీన్ సాపేక్షతావాదము

౧. సాపేక్షవేగము

రైల్లో కూర్చుని కిటికీగుండా బయటికిచూస్తే చెట్లూ గుట్టలూ పరుగెత్తిపోతూన్నట్లు కనిపిస్తుంది. పరుగెత్తిపోతూన్నది రైలే అయినప్పటికీ చెట్లు పరుగెత్తుతూన్నట్లు కనపడుతుందేమిా? మనము రైలుపెట్టెలో ఒకమూల కదలకుండా కూర్చున్నాము. మనలాగే ఆ పెట్టెలోనివారు కదలకుండా కూర్చున్నారు. కనక మనము రైలుపెట్టెలో స్థిరముగా వున్న స్ఫురణే వుంటుంది మనకి. "కల్లూరు వెళ్ళిపోయింది, గార్లదిన్నె వస్తోంది. గార్లదిన్నె పోయినతర్వాత అనంతపురం వస్తుంది" అని ఊళ్ళే కదిలివస్తూన్నట్లు మనము మాట్లాడుతాము. మనము స్థిరముగా ఉన్నట్లే మన స్ఫురణ. కనక చెట్లూ పుట్టలూ మనలను దాటి పరుగెత్తి పోతూన్నట్లు కనబడతాయి. మనకి ఈరీతిగా స్ఫురించేవాటి గమనాన్ని 'సాపేక్షగమనము' (Relative motion) అంటాము. మనకు సాపేక్షంగా—అంటే మనము కదలడము లేదు అనుకున్న పక్షంలో— చెట్లూ పుట్టలూ గమిస్తున్నాయి. ఈ గమనము మనకు సాపేక్షంగా వాటికున్న గమనము. రైల్లోనుంచి మనము వాటి (ఈ సాపేక్షగమన) వేగాన్ని కొలవవచ్చును. ఒక మీాటను ఇటు నొక్కితే టిక్కుటిక్కుమని పనిచేసి ఆ మీాటను అటునొక్కితే ఆగిపోయే వాచీలు (stop watches) ఉంటాయి. అలాటి వాచీని పట్టుకుని, ఒక టెలిగ్రాఫు

స్తంభము రైలు ఇంజనుయొక్క నీడలో ప్రవేశించిన క్షణంలో మీటను నొక్కి పనిచేయించి, గార్డుపెట్టె నీడలోంచి ఆ టెలిగ్రాపు స్తంభమే దాటిపోయే క్షణంలో వాచీని ఆపివేస్తే టెలిగ్రాపుస్తంభము రైలుపొడవు నంతటినీ దాటిపోగలిగిన కాలము తెలుస్తుంది. రైలులోనే ఉండి రైలు పొడవును కొలవవచ్చునుకదా? రైలు పొడవూ, పైన గుర్తించిన కాలమూ, ఈ రెండింటినీబట్టి ఆ టెలిగ్రాపు స్తంభము మనలను దాటుకుపోయిన వేగమును లెక్కగట్టవచ్చును. ఈ వేగము రైలుకు సాపేక్షంగా టెలిగ్రాపుస్తంభమునకు ఉన్న వేగము...ఇక,ఆ స్తంభానికే చేరబడి కూర్చున్నవాడి దృష్టికి రైలే దూసుకు వస్తూన్నట్లు కనబడుతుంది.అతడు రైలుఇంజనునీడ తన స్తంభానికి రాకముందు నాలుగోస్తంభమోఅయిదో స్తంభమో దాటేక్షణంనుంచి తనస్తంభాన్ని దాటేక్షణం దాకా గడిచినకాలము కనుక్కొని, ఈ స్తంభాల నడిమిదూరం కొలిచి, రైలువేగాన్ని లెక్కగట్టాడు. ఇతను కనుక్కొన్నది టెలిగ్రాపుస్తంభానికి సాపేక్షంగా రైలుకుగలవేగము. పోల్చిచూస్తే ఈ రెండువేగాలూ సరిసమానంగా వుంటాయి. అంటే ఏమన్నమాటా? రైలులోవున్నవారు కొలిచినదీ, గట్టుమీదివారు కొలిచినదీ ఒక్కటేనన్నమాట. అది రైలుకీ స్తంభానికీగల సాపేక్ష వేగము (Relative velocity). రైలులోని వారికి స్తంభము దూసుకువస్తూన్నట్లు కనబడుతుందీ, స్తంభందగ్గర ఉన్నవాడికి రైలే దూసుకువస్తున్నట్లు కనిపిస్తుంది. "అయితే నిజంగా కదిలేది ఏది?" అని నేను అడి

గితే పాఠకులు నవ్వుతారు 'ఎంతగొప్ప ప్రశ్న'? అని. అయితే నా మనవి వినండి. చెట్లూ పుట్టలూ కానరావు, కటికి చీకటి అనుకొండి. స్తంభంగాదు ఇంకొక ఇంజను ముఖంమాత్రము లీలగా కనబడుతోంది. అదే మీవైపు దూసుకువస్తున్నదో, మీరైలే అటువైపు పోతున్నదో వేగపుకొలతవల్ల చెప్ప గలరా? చెప్పలేరు. మనము చేయగలిగిన వేగపుకొలత, రెండింటికీ నడుమగల – అనగా దానినిబట్టి దీనికీ, దీనినిబట్టి దానికీగల – సాపేక్ష వేగమును మాత్రమే తెలుపుతుంది. నిజంగా కదిలేది ఏదో ఈ కొలత చేసినంతమాత్రాన తెలియ బడదు.

కదిలేది ఏది?

ఇంకొక ఉదాహరణ వినండి. రైలుస్టేషనులో రెండు రైళ్లు ఆగివున్నాయి. మీరు ఒక రైలులో కూర్చుని ఎదు రుగావున్న కిటికీలోనుంచి రెండోవైపు చూస్తూవున్నారు. అప్పుడు ఏదోఒక రైలు, కుదుపు ఏమీ లేకుండా కదిలింది. మీకు అవతలి రైలు కదిలినట్టు కొంతసేపూ, మీరైలే కది లినట్టు కొంతసేపూ అనిపిస్తుంది. అలాగే ఆ రైలులోవున్న వారికి మీరైలో వారి రైలో కదిలినట్లనిపిస్తుంది. మీ మానాన్న మీరూ, ఆ రైలులోనివారి మానాన్న వారూ వేగాన్ని కొలిస్తే విలువ ఒకటేవస్తుంది, అయితే కదిలినదే రైలూ? మీరైలే కదిలిందనిగానీ లేదనిగానీ మీకెలాగ నిర్ధారణ? స్టేషనువైపు చూడాలనడమూ, చక్రాలు చూస్తా

మనడమూ వేగపుకొలత మాత్రమేకాక, ఇతర తబిసీళ్ళకో సము అడగడము అవుతుంది. రెండురైళ్లున్నాయి; ఒకటి నిశ్చలంగావుంది, రెండోది కదిలింది. మీరైలూ ఆరైలూ మట్టుకే మీదృష్టిలో వున్నప్పుడు మీరు కొలవగలిగినది మీకూ ఆ రైలుకీ నడుమఉన్న సాపేక్షగమనవేగము మాత్రమే. మీరైలేకదిలిందో, ఆ రైలేకదిలిందో, రెండూ కదిలేయో మీరు సాపేక్ష వేగమును కొలిచినంతమాత్రాన కనుక్కోలేరు. అవునుకదా ? ఇప్పుడు నేను మరొక్కఅడుగు ముందుకువేసి "మీరుగానీ, ఆ రైలులోనివారుగానీ, ఎవరు గానీ కొలవగలిగినదీ, కొలిచేదీ సాపేక్షవేగమేగాని నిసర్గ నిరపేక్షవేగము (absolute velocity) కాదంటాను.

సాపేక్షవేగమంటే ఇంకొక సంస్థనుబట్టి మనము గుర్తించే వేగము (అది ఆ సంస్థది కావచ్చునూ, మనదే కావచ్చును) నిసర్గ నిరపేక్షవేగమంటే ఇంకొక సంస్థను చూడనక్కర లేకుండా మనకు ఉన్నట్లుగా మనము గుర్తించగలిగినవేగము. అలాటిదేదీ మనము గుర్తించలేము అంటున్నాను.

వెస్టు ఇండియాదీవులకూ దక్షిణ అమెరికా ఉత్తరతీరానికీ నడుమనుంచి అట్లాంటిక్కు మహాసముద్రపుగిసీగుడ ప్రవాహము గంటకు నాలుగుమైళ్ళ వేగంతో ఫ్లారిడావైపు సాగి పోతుంది. ఒక ఓడ ఈ ప్రవాహంలో ప్రవేశించగానే దాని ఇంజనులు ఆపివేశాము అనుకోండి. ఓడమీదనుంచి మీరు దిగువనున్న సముద్రము నీటినిచూస్తూ నిలబడ్డారు. ఇప్పుడు సముద్రము నీరే వెనక్కి ప్రవహిస్తున్నదో, ఓడయే ముందుకు

పోతున్నదో ఎలాగ నిర్ణయిస్తారూ? మొదటి ఉదాహరణలో రైలా? స్తంభమా? ఏది కదుల్తోంది? అని అడిగితే నవ్వేశారు. రెండో ఉదాహరణలో మీరైలా? ఆరైలా? ఏది కదిలింది? అని అడిగితే చక్రాలుచూస్తే తెలుస్తుందనీ, స్టేషను వైపుచూస్తే తెలుస్తుందనీ చెప్పబోయారు. మరి యిక్కడ అవేవీలేవు. ఓడకో నీటికో సమానవేగము (uniform velocity) ఉంది. మనము ఆ రెండింటి సాపేక్షవేగమును కొలవవచ్చును. ఆ సమానవేగం మనదో కాదో మాత్రం తెలుసుకోలేము; తెలుసుకోడానికి ఆధారాలు లేవు.

౨. నిసర్గవేగము
(absolute velocity)

మనము కొలవగలిగినదల్లా సాపేక్షవేగము మాత్రమే. మనకు కొలతలవల్ల తెలిసిన వేగము మనదే అయివుండి అవతలివస్తువు నిశ్చలంగా వుండడమూ సాధ్యమే, ఆ వేగము అవతలి వస్తువుదే అయి మనము నిశ్చలంగా వుండడమూ సంభవమే, రెండూ కదులుతూవుండడమూ సంభవమే. కనుక మనము చేయగల వేగపు కొలతలవల్ల మన గమనస్థితినిగానీ నిశ్చలత్వమునుగానీ నిర్ధారణ చెయ్యలేము. సాపేక్షవేగమును మాత్రమే కనిపెట్టగలము.

అందువల్లనే మన పూర్వులు సూర్యుడూ, గ్రహాలన్నీనూ భూమిచుట్టూ తిరుగుతున్నాయనుకున్నారు. కోపర్నికస్

గ్రహాలన్నీ సూర్యుడిచుట్టూ తిరుగుతున్నాయన్నాడు. టైకో బ్రాహి గ్రహాలన్నీ సూర్యుడి చుట్టూనే తిరుగుతున్నాయి గానీ, వాటన్నిటితో పాటు సూర్యుడుమాత్రము భూమి చుట్టూ తిరుగుతున్నాడన్నాడు. కొలతలన్నీ సాపేక్షవేగాల కొలతలు కనక వాటినిబట్టి ఈ మూడు ఊహాలూ వీలే. తిరిగేటివి ఏవయినప్పటికీ సాపేక్షవేగాల కొలతలూ ఆకొలతలను బట్టి చేసిన లెక్కలూ తేడారావు. అయితే కోపర్నికసు చేసిన వర్ణన తక్కినవాటన్నింటికన్నా సరళము. ఆధునిక శాస్త్రజ్ఞులు సూర్యుడు గ్రహాలన్నిటికన్నా పెద్ద గోళమన్నసంగతిని బట్టి — కుక్క తోకని ఆడిస్తుందిగాని తోక కుక్కని ఆడించదన్న ఊహపైని— సూర్యుడిచుట్టూ భూమీ గ్రహాలూ తిరుగుతున్నాయన్నారూ, (ఆ సూర్యుడు గ్రహమండలితోబాటు హెర్క్యులీసు అనబడే గొల్లకావిడి నక్షత్రరాశివైపు పయనిస్తున్నా డన్నారు.) అయితే, చంద్రుడు భూమికి సాపేక్షంగా, భూమి సూర్యుడికి సాపేక్షంగా, సూర్యుడు హెర్క్యులీసుకి సాపేక్షంగా గమిస్తున్నారు కదా? ఈ సాపేక్షగమనాలన్నీ చేరితే మొత్తానికి చంద్రుడికి— చంద్రుడిమాట మనకేల, మనభూమికి— అసలు గమనము, నిసర్గగమనము ఏదైనా వున్నదా? లేక ఇవన్నీ ఒకటి అటూ ఇంకొకటి ఇటూ అయి అన్నీ చేర్చితే చెల్లిపోయి నిసర్గగమనము హుళక్కే అవుతుందా? అని సందేహము వస్తుంది. అసలు విశ్వాంతరాళంలో చంద్రుడూ సూర్యుడూ ఇత్యాది ఖగోళాలు కదుల్తున్నాయా, లేక

తక్కినవే కదలడమువల్ల వాటికి సాపేక్షంగా ఇవి కదిలినట్లు కనబడుతోందా? ఖగోళాలకి నిసర్గగమనము ఏదేనావున్నదా?

ఈ ప్రశ్నలకు పునాదులైన అపోహాలు అనాదిగా వస్తున్నట్టివి. 'చలనము' అనగా చోటు మారడము. 'గమనము' అనగా ఈ చోటునుంచి ఆచోటుకి మారడము. అంటే మొదటిచోటుకి సాపేక్షంగా వస్తువు కదిలింది అన్నమాట. ఇక 'అసలు చలనము,' 'నిసర్గగమనము' అనగా ఏమిటీ? న్యూటను విశ్వాంతరాళంలో కదలనే కదలని, స్థిరముగా వుండే, గోళము ఒకటేదోవున్నదనుకున్నాడు. దానికి సాపేక్షంగా ఖగోళాలకు వున్నగమనమే అసలుగమనము, నిసర్గగమనము అన్నాడు. అయితే ఆ గోళమేదో కదలనే కదలదని కనిపెట్టేదాకా అది కదలదని ఎలాగా నమ్మడమూ? అసలు అలాటిది ఒకటివున్నదని ఎలాగ నమ్మడమూ? కనుక "నిసర్గగమనము" అన్న ఊహాకి న్యూటన్ చెప్పిన వ్యాఖ్యానము నిరుపయోగమైనది. గణితశాస్త్రజ్ఞులు ఇంతకన్నా ఉపయోగకరమైన వ్యాఖ్యానము చేశారు.

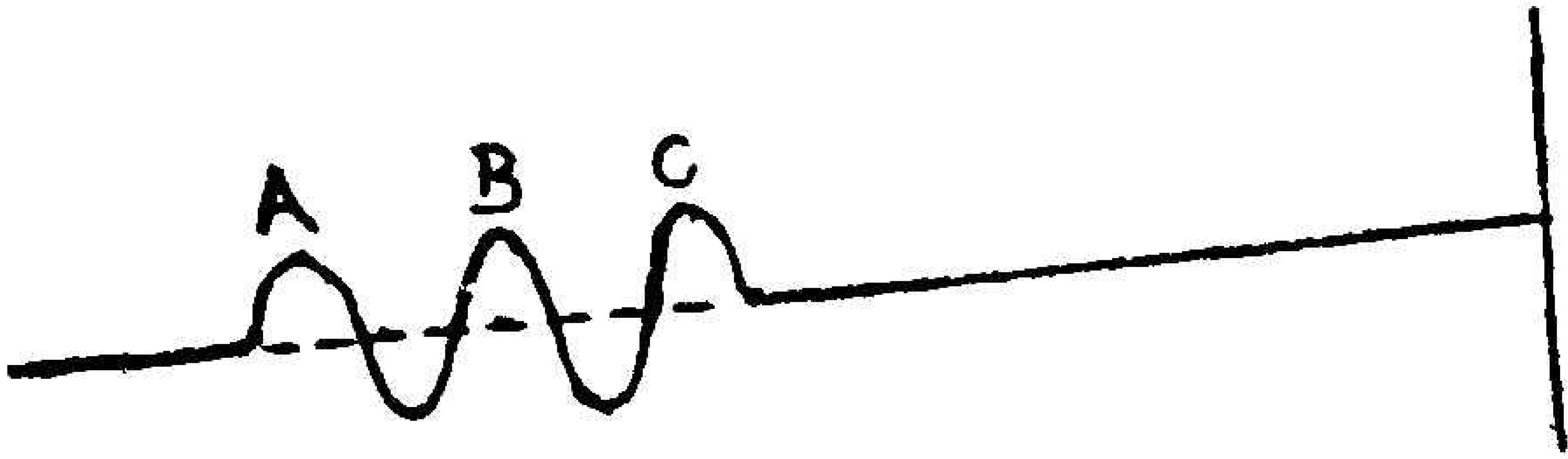
మనకు తెలిసిన గమనమూ మనము గుర్తించగలిగిన గమనమూ సాపేక్షగమనము మాత్రమే అని కాదా అన్నాము? నక్షత్రాలు భూమిచుట్టూ తిరిగే వేగాన్నిబట్టి భూమియొక్క దినభ్రమణవేగాన్ని తెలుసుకుంటున్నామూ, సూర్యుడు నక్షత్రరాసులలో జరుగుతూన్న వేగాన్నిబట్టి భూమి సూర్యుడి చుట్టూతిరిగే వేగాన్ని కనుక్కుంటున్నాము. అంటే ఏమన్నమాటా? ఇంకొక ఖగోళాన్ని పరిశీలించడము

వల్లనే మనభూమి చలనాన్ని కనుక్కోగలుగుతున్నాము అన్నమాట. ఆకాశము ఎప్పుడూ మేఘావృతమే అయి వుంటుందనుకుంటే సూర్యుడూ కనబడడూ, నక్షత్రాలూ కనబడవు. అప్పుడు భూమి సూర్యుడిచుట్టూ తిరుగుతూన్నట్టు ఎలాగా తెలుసుకోవడమూ? [భూమి తనచుట్టూ తాను తిరుగుతోందని ఫౌకాల్టు లోలకమువల్ల తెలుసుకోవచ్చును కాని భూమి సూర్యుడిచుట్టూ తిరుగుతోందని తెలుసుకోడానికే సాధనమూ లేదు.] ఎప్పటికేనా, భూమినిబట్టీ, భూమిమీద చేయగల శాస్త్రప్రయోగాల్నిబట్టీ భూమి ప్రయాణిస్తున్నదని తెలుసుకోగలిగితే అదీ భూమికున్న నిసర్గగమనము అన్నారు గణితశాస్త్రజ్ఞులు. ఈ వ్యాఖ్యానము అర్థమౌతుంది కాని వాస్తవానికి విశ్వాంతరాళములో కదలనే కదలని గోళాన్ని కనిపట్టడము ఎంతపిల్లైన కార్యమో, భూమి ప్రయాణిస్తోంది అని తెలపగల ప్రయోగాన్ని ఊహించడమూ అంతే పిల్లైనపనే; రెండూ అసాధ్యాలే. కనక చిరకాలము క్రిందటే "నిసర్గగమనము" అన్నపదము అర్థమయ్యాకూడా సాధ్యప్రపంచములోనుంచి తప్పుకుని శబ్దరాశిలో మరుగుపడిపోయింది.

ప్రవేశము — ఈథరు.

"వెలుతురనగా విద్యుదయస్కాంతతరంగ ప్రసారము" అని మాక్స్‌వెల్ నిరూపించగానే ఈనిసర్గగమన కల్లోలము మళ్లీ లేచింది. నిశ్చలంగావున్న చెఱువునీటిలో మధ్యన ఒక రాయి విసరితే రాయిపడ్డచోటుకి చుట్టూ కెరటాలు బయలు

దేరతాయి. స్కౌటు తాడుకొసని కిటికీ ఊచకి కట్టి రెండో కొసని పట్టుకుని, తాడు ఎక్కువగా వేళ్లాడిపోకుండా కొంతలాగి పట్టుకుని, చేతిని గబగబా పైకీ క్రిందికీ కంపింపచేస్తే, ఆ తాడులో తరంగము పుట్టి ఊచవైపు ప్రయాణిస్తుంది.

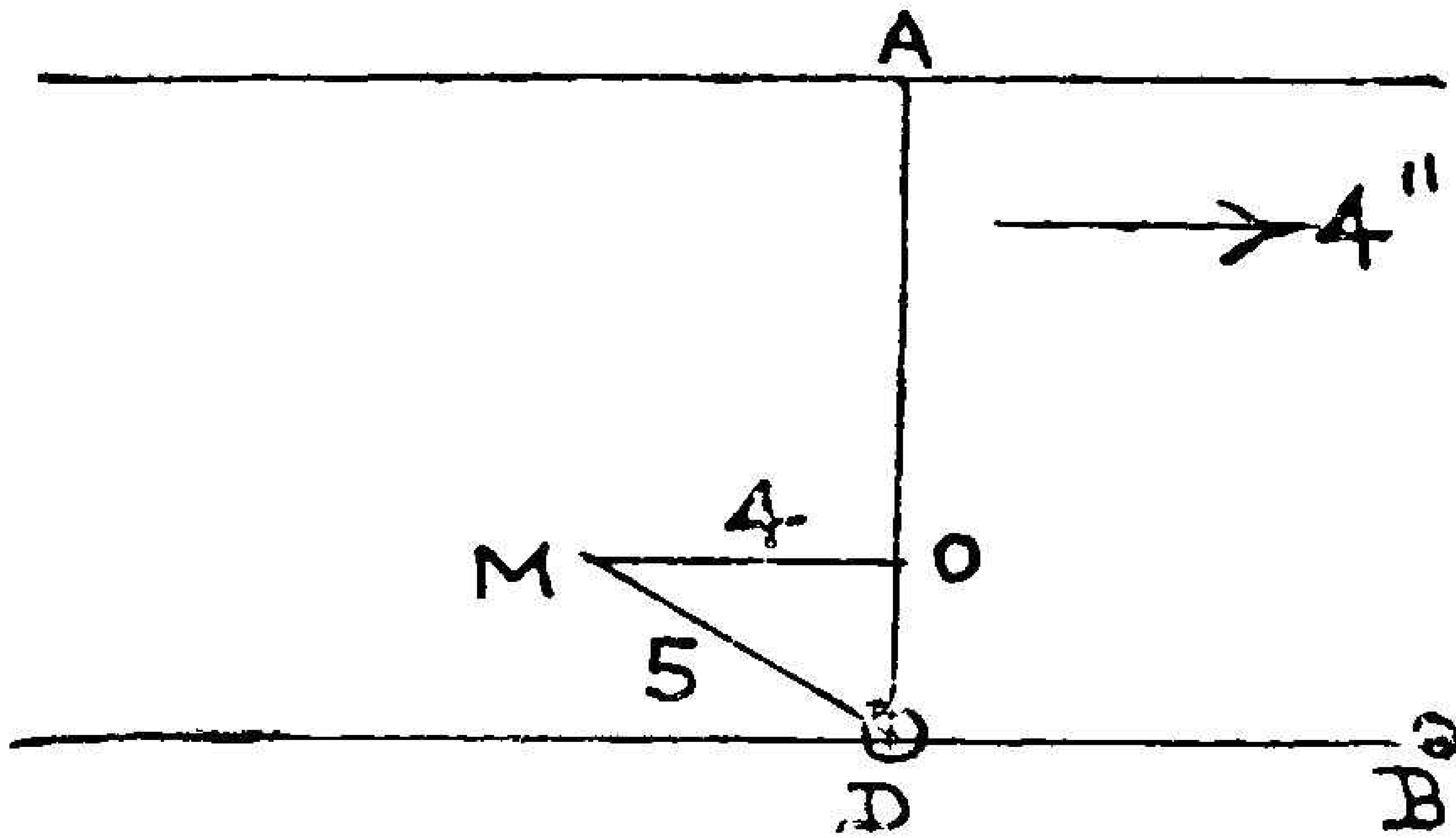


A' నుంచి 'B 'కి గల దూరాన్ని 'తరంగము యొక్క పొడవు,' "తరంగాయతి" అంటారు. తరంగము పుట్టాలంటే తాడుకి స్థితి స్థాపకశక్తి (Elasticity) వుండాలి. నీటి ఉపరితలము పలుచని రబ్బరు పొరవలె స్థితిస్థాపకశక్తిని కలిగి ఉంటుంది. అరచేతిని నీటిమీద వుంచి నొక్కబోతే తెలుస్తుంది ఈపొర వున్నట్టు. నీటిమీద వేసిన రాయి ఈపొరని కిందికి నొక్కి తాను అడుక్కి దిగిపోవడంతో ఈపొర రాయి పడినచోట కిందికీ పైకీ కంపించి తరంగాలు పుట్టిస్తుంది. నీటిమీది పొర అంతా స్థితిస్థాపకశక్తి కలిగినదే కనుక తరంగాలు చుట్టూ వలయాలుగా విస్తరిస్తాయి. మాక్స్‌వెల్ నిరూపించినదేమిటంటే: వెలుతురన్నది కూడా - చెరువు నడిమి కలత చెరువు ఉపరితలము మీద వ్యాపించినట్లు - ప్రకాశవంతమగు జ్యోతి నుండి అన్నివైపులా విద్యుదయస్కాంతిక తరంగాలుగా

వ్యాపిస్తుందనీ. ఇందాకటి తరంగాలు తామలోనూ నీటి మీాదా వ్యాపిస్తే కాంతితరంగాలు ఈథరు అన్న విశ్వవ్యాపి అయిన ఘనసమాన పదార్థములో వ్యాపిస్తాయన్నారు. గాజు లోంచీ, నీటిలోంచీ - సూర్యుడికీ భూమికీ నడుమగల - వట్టి అవకాశములోంచీ వెలుతురు ప్రయాణిస్తుంది కనుక వీటి అన్నిటిలోనూ ఈథరు విస్తరించి ఉంది అన్నారు. నీటి అడుగుకు నీటిమీాది అలలు వ్యాపించవు గాని, ఈథరు నీటి లోపలకూడా వుండడమువల్ల కాంతితరంగాలు మట్టుకు నీటి లోపలకూడా వ్యాపిస్తాయి అన్నారు.

అయితే ఈథరు కీ నిసర్గగమనానికీ సంబంధమేమిటీ అని అడుగుతారు పాఠకులు. ఈథరు విశ్వమంతా వ్యాపించి ఉన్న పదార్థము. వెలుతురు ఈథరులో ప్రయాణించి, నక్షత్రాల నుంచీ సూర్యచంద్రులనుంచీ మనకు చేరుతోంది. కనక ఈథరులోని గమనాన్ని 'నిసర్గగమనము' అనవచ్చునన్నారు వైజ్ఞానికులు. ఈథరులో మనభూమి కదులుతున్నదని తెలుసుకుని, ఈ గమనవేగముయొక్క విలువ కనుక్కోగలిగితే అది భూమికున్న నిసర్గగమనమేకదా? అని వాదించారు వైజ్ఞానికులు. మైకెల్సన్, మోర్లీ అన్న భౌతిక శాస్త్రజ్ఞులు భూమికి ఈథరులో వున్న వేగము కనుక్కోడానికి ఒక ప్రయోగము (Experiment) చేశారు.

మైకెల్సన్ ప్రయోగ పథకము



పటములో గీతల నడుమది సెకనుకు నాలుగంగుళాల వేగముతో కుడివైపు ప్రవహించే నది. D దగ్గరనుంచి ఒకడు నీటికి సాపేక్షంగా సెకనుకు 5 అంగుళాల వేగముతో 90 అంగుళాల దూరానవున్న A కి ఈదుకి వెళ్లి మళ్లా నదికి అడ్డముగా ఈదుకువచ్చి D దగ్గరకి చేరతాడు. ఇంకొక యీాత గాడు D నుంచే 90 అంగుళాల దూరములోనే వున్న B కి నీటికి సాపేక్షంగా - అంటే నీరు నిశ్చలంగా వున్నదనుకుంటే ఆ నీటి మీాద - సెకనుకి 5 అంగుళాల చొప్పున ఈదుకువెళ్లి మళ్లీ వెనక్కి D దగ్గిరకి ఈదుకువచ్చాడు. ఇద్దరూ సెకనుకి 5 అంగుళాల చొప్పున ఈదగలవారే. ఒకేమారు ఇద్దరూ D దగ్గర బయులుదేరారు. ఎవరు ముందు, ఎవరు వెనక, తిరిగి D దగ్గర వచ్చి చేరతా ? కొంచెము వివరణగా ఆలోచిద్దాము.

D నుంచి A కు ఈదేవాడు A కి చేరాలంటే తిన్నగా DA రేఖలో ఈదకూడదు; నది కుడివైపుకి తోసేస్తుంది. కనక అతడు నదీవేగమూ, నీటిమీద తాను ఈదగల (సెకనుకు 5 అంగుళాల వేగమూ, ఈ రెండూ చేరి A వైపు తీసుకు వెళ్లే వేగముగా పర్యవసించేటట్లుగా, M వైపు ఈదాలి. D నుంచి M కి 5 అంగుళాలు ఈదేనరికి నది ఆ టైము లోనే వాణ్ణి కుడివైపు 4 అంగుళాలు — అంటే B దగ్గిరకి — తోసుకు పోతుంది. పైథాగరస్ సూత్రము ప్రకారము

$$OD^2 = MD^2 - MO^2 = 5^2 - 4^2 = 9; \ OD = 3.$$

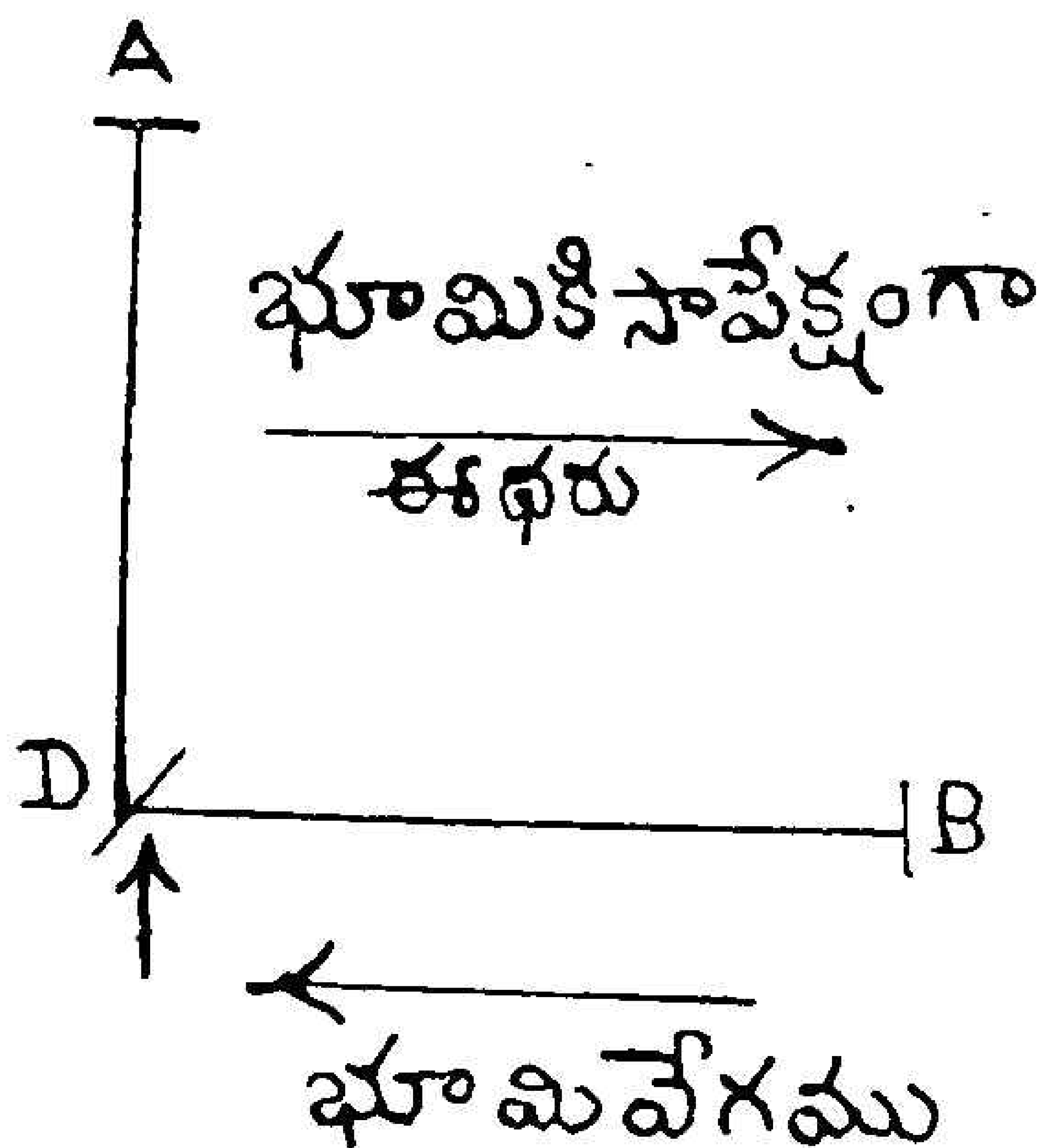
కనుక, బయలుదేరినప్పటి నుంచీ M వైపు ఈదడము ప్రారంభిస్తే వాస్తవంగా సెకనుకు 3 అంగుళాల చొప్పున వీడు A వైపుకి ఈద గలుగుతున్నాడు. మొత్తము 90 అంగుళాలూ 30 సెకనులలో ఈది, మళ్లీ వెనక్కి ఇంకొక 30 సెకనులలో ఈది, మొత్తము ఇటూ అటూ 60 సెకనులలో ఈద గలుగుతాడు అన్నమాట.

రెండోవాడు D నుంచి B కి ఈదినప్పుడు నదీవేగము వాడి వేగానికి కలుస్తుంది. మొత్తపు వేగము 5 + 4 = 9 కనుక 90 అంగుళాలూ 10 సెకనులలో ఈదేస్తాడు. వాడు తిరిగి రాగల వేగము — అయిదింట నాలుగు పోతే — 1 అంగుళమే సెకనుకి. కనక తిరుగు ప్రయాణము 90 సెకనులు పట్టుతుంది. అటూ ఇటూ మొత్తము కాలము 100 సెకనులు. నదికి

అడ్డముగా ఈదినవాడు 60 సెకనులూ, వాలూ ఎదరా ఈదిన వాడు 100 సెకనులూ తీసుకున్నారు. ఈ ప్రయాణాలకు వారికి పట్టిన కాలముల నిష్పత్తి $\frac{100}{60} = \frac{5}{3}$. ఈ లెక్క లోనే ఈ చివ్వరి కాలముల నిష్పత్తీ, నీటిమీద ఈతగాళ్ల వేగమూ దూరాలూ తెలిస్తే నది యొక్క ప్రవాహ వేగాన్ని లెక్క గట్టవచ్చును కదా? ఈసంగతి గుర్తుంచుకోండి.

భూమి సూర్యుడి చుట్టూ తిరగడంలో ఈథరులోనే తిరుగుతుంది కనుక, భూమికి ఈథరుకు సాపేక్షంగా వేగము ఉండాలి. భూమి మీద వారి దృష్టికి — రైల్లోవారికి గాలి లాగ - ఈథరే విసురు తున్నట్లు, అనగా ఇందాకా చెప్పిన నదిలాగ ప్రవహిస్తూన్నట్లు తోచాలి. వెల్తురు ఈథరులో ప్రయాణించేది కనుక వెల్తురుకిరణాల్ని ఈ ఈథరు ప్రవాహానికి అడ్డముగానూ ప్రవాహంతోనూ పంపి, ఆకిరణాలు తిరిగి బయల్దేరిన చోటికే చేరేటట్లుగా ఏర్పాటు చేస్తే ఇవి చేర డానికి పట్టేకాలాన్ని బట్టీ, వెల్తురు కిరణపు వేగాన్ని బట్టీ, దూరాల్ని బట్టీ, ఇందాకటి నదీ వేగాన్నిలాగ ఈథరు వేగాన్ని- అంటే భూమి ఈథరులో దూసుకుపోయే వేగాన్ని అనగా భూమినిసర్గ వేగాన్ని (Absolute velocity) -లెక్క గట్టవచ్చు నన్నారు మైకెల్సన్ మోర్లీలు. అందుకు వీలైన ప్రయోగము చేశారు కూడాను.

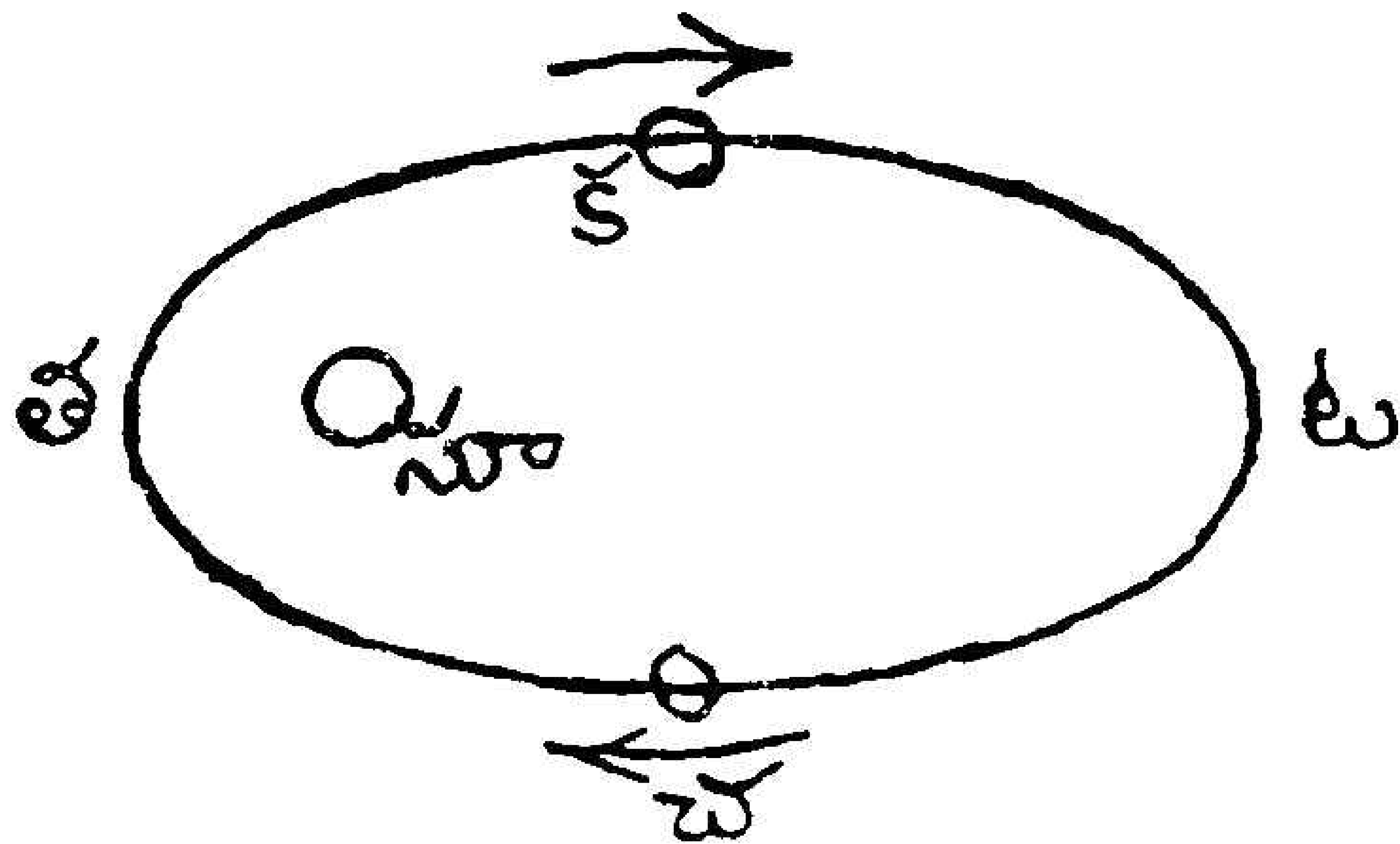
మైకెల్సన్ మోర్లీ ప్రయోగము



ఒక పరిశోధనాగారములో D అనేది ఒక గాజు పలక. అడుగునుంచి వచ్చే వెలుతురు కిరణము ఈ గాజు పలకమీద పడి, దూరి A వైపు కొంతా, పరావర్తనమై - అంటే తూలి - B వైపు కొంతా పోయింది. A, B అనేవి ఈ వెల్తురును వచ్చినదారిలోనే వెనక్కి పంపించే అద్దాలు. భూమి, సూర్యుడిచుట్టూ తిరిగే వేగము సెకనుకు $18\frac{1}{2}$ మైళ్ల వేగముతో, దిగువ బాణము సూచించే దిక్కుకు పోతున్నదనుకుందాము. విశ్వవ్యాపి అయిన ఈథరులోనే ఈ ప్రయాణము సాగుతుంది కనుక - బయటి గాలి రెల్లొంచి చాచేచేతికి సాపేక్షంగా వ్యతిరేకదిశలో విసిరేటట్లు— ఈథరు, $18\frac{1}{2}$ మైళ్ల వేగంతోపోయే భూమికి సాపేక్షంగా వ్యతిరేక దిశలో పై బాణము సూచించే దిశలో ప్రవాహముగా విసురుతుంది. ఇలాటి పరిస్థితిలో కిందనుంచి D లో దూరినకాంతి కిరణము రెండుగా చీలి ఒకేక్షణంలో B వైపూ A వైపూ ప్రసరించింది అనుకుందాం. ఇందాకటి నది ఇక్కడ ఈథరు విసిరే ప్రవాహము. అక్కడి ఈతగాళ్లు ఇక్కడ కాంతి కిరణాలు. అక్కడి రేవులు ఇక్కడ A, B అద్దాలు. అక్కడ

ఈదేవారు నీటిమీాద సెకనుకు అయిదంగుళాలు ఈదితే ఇక్కడ, కాంతి ఈథరుకు సాపేక్షంగా సెకనుకు 186000 మైళ్లు ప్రయాణిస్తోంది. అన్నిటా పోలిక సరిపోయింది కాంతి D నుంచి B కి - ఈథరులో ప్రయాణిస్తోంది కనక తన 186000 మైళ్ల వేగానికి కలిసిన ఈథరువేగము 18½ మైళ్లూ చేర్చుకుని - సెకనుకు 186000 + 18½ మైళ్ల వేగముతోనూ, వెనుదిరిగి B నుంచి D వైపు 186000 - 18½ మైళ్ల వేగముతోనూ ప్రయాణించాలి. A నుంచి D వైపు కాంతి ప్రయాణించగల వేగాన్నికూడా లెక్కగట్టగలము. అయితే, D నుంచి B వైపు ప్రసరించి B మీాద తూలి వెనక్క తిరిగిన కిరణమా? - D నుంచి A కి పోయి వెనక్కి తిరిగిన కిరణమా? ఏది D కి ముందుగా వచ్చి చేరుతుందీ? అని ప్రశ్న. వెనుకటి లెక్కలో మాదిరిగానే ఈ లెక్కలోకూడా ముందు చేరేది D నుంచి A వైపు పోయిన కిరణమేనని తేలుతుంది. అయితే ఈ తీర్మానానికి ఆధారము ఈథరు ప్రవాహానికి గల 18½ మైళ్ల వేగమే అన్నమాట మరవకూడదు. మైకెల్సన్ మోర్లీలు పై కిరణాలు రెండూ D కి చేరిన కాలముల నిష్పత్తి కనుక్కోడానికి చాలా కచ్చితమైన ప్రయోగాలు జరిపేరు. ఈ నిష్పత్తీ, వెలుతురు వేగమూ, D A, D B ల పొడవూ అన్న కొలతలనుబట్టి ఈథరు ప్రవాహముయొక్క వేగమును లెక్కగట్టాలి అని యత్నించారు. అయితే చిత్రము! కిరణాలు రెండూ D కి ఒకేమారు చేరాయి. అంటే ఏమని అర్థమూ?

ఈథరు ప్రవాహమే లేదని అర్థము. సెకనుకి 18½ మైళ్ళ వేగంతో విసురుకుపోయే భూమి ఈథరుకు సాపేక్షంగా కదలడమే లేదని అర్థము.



భూమి సూర్యుడి చుట్టూ అండవృత్తమార్గంలో సెకనుకి 18½ మైళ్ళవేగముతో ప్రయాణించడము నిజము. 'క' దగ్గర కుడివైపూ 'చ' దగ్గర ఎడమవైపూ ప్రయాణిస్తోంది. మైకెల్సను మోర్లీలు పైప్రయోగాన్ని భూమి 'క' దగ్గర వుండినప్పుడు చేశారు అనుకుందాం. అప్పుడు భూమి ఈథరులో కదలడమే లేదని తేలింది. ఒకవేళ 'క' దగ్గర, మనకు తెలియని కారణమువల్ల ఈథరుకూడా భూమికున్న వేగముతోనే కుడివైపే విసురుతోంది కాబోలు! అదే నిజమైతే భూమీ, ఈథరూ జట్టాపట్టాలు వేసుకుని 18½ మైళ్ళ వేగముతో కుడివైపు సాగిపోయాయీ, ఈథరుకి సాపేక్షంగా 186000 మైళ్ళ వేగముతో ప్రసరించే వెల్తురు భూమికి సాపేక్షంగా కూడా అంతేవేగముతో ప్రసరించిందీ, ముందుకి వెళ్లినా వెనక్కి వచ్చినా కిరణముయొక్క వేగము భూమికి

నాపేక్షంగా 186000 మైళ్లే అయింది. రెండో కిరణముకూడా - భూమికీ ఈథరుకీ సాపేక్ష వేగము లేకపోవడమువల్ల — ఈ వేగముతోనే ప్రయాణించిందీ, రెండు కిరణాలూ D కి ఒక్క సారి చేరాయి. అయితే మైకెల్సను మోర్లీలు, మొదటి ప్రయోగము చేసిన ఆరు నెలలకు మళ్లీ చేశారు ఆ ప్రయోగాన్నే. రెండో ప్రయోగకాలానికి భూమి 'చ' దగ్గర ఉంది. భూమి ఇందాకటికి వ్యతిరేక దిశకు తిరిగింది గదా ? ఏకారణము వల్లనో 'క' దగ్గర భూమితోపాటు కుడి వైపుకి పోతూన్న దనుకున్న ఈథరు ఇక్కడా కుడివైపుకే పోతూండాలికదా ? ఇప్పుడు భూమికీ ఈథరుకీ సాపేక్ష వేగ ముంటుంది, రెండు కిరణాలూ D కి వేర్వేరుకాలాలలో చేరాలికదా ? కాని 'చ' దగ్గర ప్రయోగము చేసినా 'ట' 'త' ల దగ్గర చేసినా భేదమే కనబడలేదు! రెండు కిరణాలూ ఒకేక్షణానికి తిరిగి వచ్చి చేరేయి అంటే D నుంచి B కి వెళ్ళి తిరిగిన కిరణము అది రావలిసిన కాలముకంటె ముందుగా వచ్చేసి వుండాలి. ఇది ఎప్పుడు సాధ్యమూ ? వెలుతురు D నుంచి B కి మనము లెక్కగట్టిన వేగానికి మించిన వేగంతో నైనా ప్రయాణము చేసివుండాలి, లేదా DB అన్న కడ్డీ పొట్టిదైపోయేనా వుండాలి.

ఫిట్జరాల్డు ఆకుంచనము
(Fitzerald Contraction)

ఫిట్జరాల్డు అన్న వైజ్ఞానికుడు "DB కుంచించుకున్నది కాబోలు" అన్నాడు. "ఎంత కుంచించుకున్న దీ" అంటే

" ఆకిరణము DA కిరణంతో సమంగా D కి తిరిగి చేరవలెనంటే DB ఎంత కుంచించు కోవడము అవసరమో అంత ". అన్నాడు." కారణమేమిటీ? అంటే, 'బాణములాగ — పొడవుకి తిన్నగా — దూసుకు పోవడమే' నన్నాడు. DA అన్న రెండోకడ్డీ దానిపొడవుకి అడ్డంగా ప్రయాణిస్తుంది కదా? అందుకని అదికుంచించు కోదట! భూమి 'క' దగ్గర వున్నప్పుడు మనము గాని భూమిమీద నిటార్గా నిలబడితే మనపొడవు కుంచించుకోదట. భూమిమీద భూమి గమనానికి సమాంతరంగా పడుకుంటే మనపొడవు కుంచించుకుంటుందట. ఫిట్జిరాల్డు చెప్పిన తీర్పుని నిజమా కాదా అని పరీక్షించడానికి వీలే లేదు! ఏమంటే, కుంచించుకున్నామో లేదో తెలుసుకోడానికి కొలబద్దని పక్కన పెట్టాలి కదా? మనపక్కన పెట్టిన కొలబద్ద మనలాగే కుంచించుకుంటుంది! మనము ఏ నిష్పత్తి (ratio) లో కుంచించుకున్నామో అదీ ఆనిష్పత్తిలోనే కుంచించుకుంటుంది! కనుక ఫిట్జిరాల్డు ఆకుంచనము వాస్తవంగా జరుగుతోందో లేదో సోదా చూడడానికి వీలులేదు. నిరూపించ డానికి వీలులేనిది జరుగుతుంది అని మాత్రము ఎలాగ చెప్పడమూ?

ఫిట్జిరాల్డు చెప్పిన దానికి అది ఒక విమర్శ. ఇక ఒక వస్తువు తనపొడవుకి సమాంతరంగా ప్రయాణించినప్పుడు ఎందుకు కుంచించుకోవాలీ? అని ప్రశ్న వేద్దాము. దానిలోని పదార్థము బద్ధకము (inertia వల్ల కదలికకి ఇష్టపడక ఉన్నచోటనే ఉండబోయి కుక్కుకొని పోతూ ఉండవచ్చును.

ఆ కారణము వల్లనే కొలబద్ద కుంచించుకుంది అనుకుందాం. జడత్వము వల్లనే అయితే మరి అది కర్రదయినా, అల్యూమినియముదైనా, ఇనపదైనా, బంగారందైనా ఒకేలాగ కుంచించుకోకూడదు! వస్తువు బరువుని బట్టిమారాలి. మరి ఫిట్జిగాల్డు చెప్పిన ఆకుంచనమునకు కారణము బరువు కానేకాదు వేగమొక్కటే. అంటాగైతే ఒకేవేగముతో పోయే కొలబద్ద — ఏ లోహముతో చేసినదయినా — ఒకే నిష్పత్తిలో కుంచించుకోవాలి. జడత్వమే కారణమైతే కొలబద్దయొక్క పదార్థము మారిపోయినా ఆకుంచనము ఒక్కటే కావడము విపరీతము; భౌతికశాస్త్రజ్ఞులకు అన్వయమయ్యే ఫలితముకాదు. కాబట్టి ఫిట్జరాల్డు ఆకుంచనము గణితపుభేషజమే కాని వాస్తవ ప్రపంచములోనిది కాదు. అయితే మరి మైకెల్సను ప్రయోగపు విపరీత ఫలితానికి అర్థమేమిటి?

వెలుతురు సెకనుకు 186000 మైళ్లు ప్రయాణించడము అబద్ధమా? కాదు. భూమి సూర్యుడి చుట్టూ సెకనుకి $18\frac{1}{2}$ మైళ్ల వేగంతో తిరగడము అబద్ధమా? కాదు. వెలుతురు DB, DA దూరాలు వెళ్లి సమకాలంలో తిరిగి రావడము అబద్ధమా? కాదు. ఇవన్నీ నిజమైతే మరిఏది అబద్ధము? వెలుతురు D నుండి A కి వెళ్లి వచ్చేటప్పుడూ, B కి వెళ్లి వచ్చేటప్పుడూ వేర్వేరు వేగాలతో ప్రయాణించిందనడము అబద్ధము. ఒకమారు మన ఆలోచనా పథకాన్ని నెమరు వేద్దాము. "భూమి ఎడమవైపుకి ప్రయాణిస్తే ఈథరు భూమికి

సాపేక్షంగా కుడి వైపుకి పోవాలి కదా? ఈథరులో సెకనుకు 186000 మైళ్ళుపోయే వెల్తురు గామినించి చూచి నప్పుడు D నుంచి B వైపు 186000 + 18½ చొప్పునా, B నుంచి D కి 186000 − 18½ చొప్పునా పయనిస్తూ వుండాలి" అనుకున్నాము. D నుంచి A వైపు వెళ్లే కిరణము యొక్క వేగము కూడా ఈథరు వేగమువల్ల మారినదను కున్నాము. "ఈథరు వేగమూ, దానికి వెలుతురు వేగము మీాద ఏదో ప్రభావమూ అన్నట్టివే లేవూ, D నుంచి A వైపుకి కానీ D నుంచి B వైపుకి కానీ వెల్తురు ఒకే వేగ ముతో పయనిస్తుంది" అని అనుకుంటే, 'కిరణాలు రెండూ ఒకేమారు D ని చేరేయి' అన్న ఫలితము చక్కగా అన్వయ మాతుంది. అయిన్‌స్టీన్ అన్నదిదే. అయితే అతడు చెప్పిన దానిని పూర్తిగా అర్థము చేసుకోవాలంటే మరియొక వైపు నుంచి రావాలి.

3. సాపేక్షతా సూత్రము

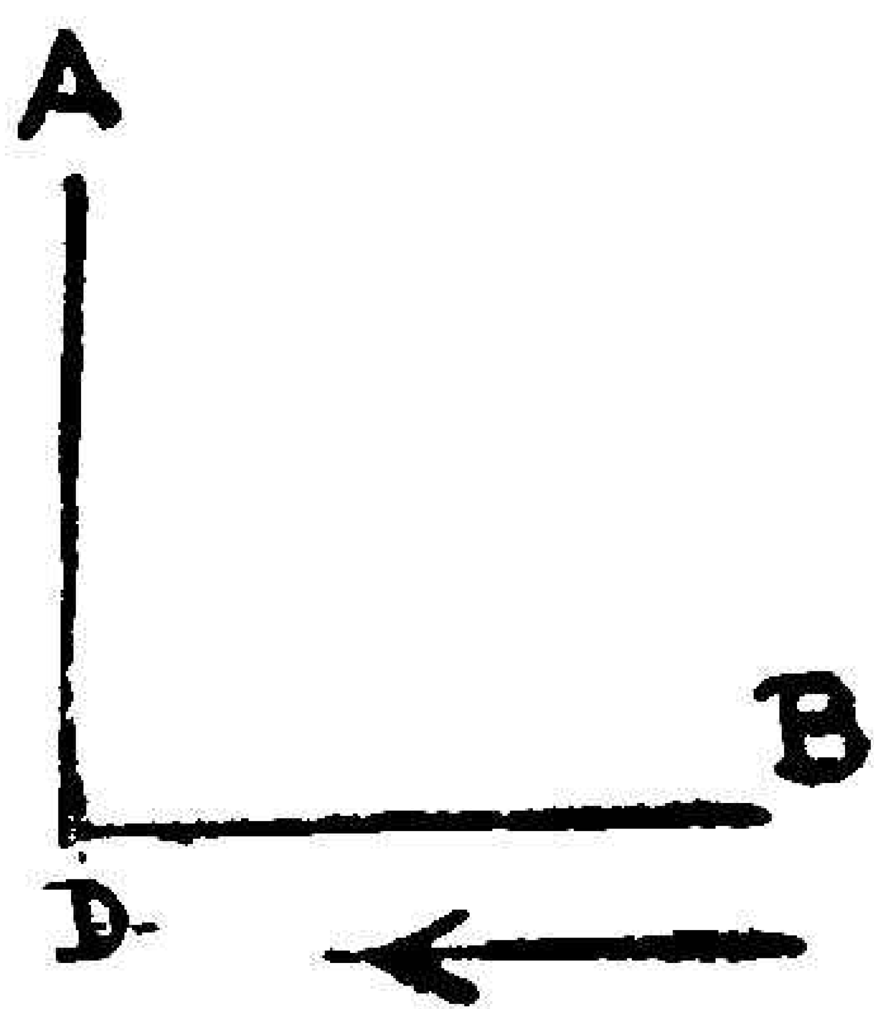
(Principle of Relativity)

రైలు పెట్టెలో తలుపులన్నీ వేసేసి బిగించివున్నాయి. కప్పుమాత్రము లేదు. మీారాపెట్టెలో వున్నారు. ఆకాశంలో మబ్బుకూడాలేదు. రైలుకుదుపు లేకుండా, చప్పుడు లేకుండా నడిచిపోతోంది. రైలు నడుస్తోందో లేదో ఎలాగ తెలుసు కుంటారూ? కాకి ఒకటి రైలుకి అడ్డముగా ఎగిరింది. కాని

దాని గమనంలో. ింతేమీ కనపడదు. మీబండి నిశ్చల ముగా వుండినప్పటి దృశ్యానికీ, మీబండి సమానవేగముతో పయనిస్తున్నప్పటి దృశ్యానికీ భేదముండదు కాకి గమన పద్ధతిలో. కనుక కాకి గమనాన్ని పరిశీలించి బండియొక్క వేగాన్నిగానీ, చలనాన్నిగానీ కనుక్కోలేరు. ఒక బంతిని పెట్టెలో నేలమీద దొర్లించినా, నేలమీద కొట్టితే పైకెగి రిన బంతిని మళ్ళీ నేలకుకొట్టి పిటికీలు ఆడినా, బంతికి తాడు కట్టి వ్రేలాడదీసి చూచినా, ఆబంతి నేలమీద కనబడేటట్టే, సమానవేగంతో ఋజురేఖలో గమించే పెట్టెలోనూ కనబడు తుంది. కనుక వీటితో ఏయెత్తు వేసినా రైలుపెట్టె గమనస్థితి తెలియరాదు. ఒక వస్తువుయొక్క సమానగమనమే కారణ ముగా ఆవస్తువునుంచి చూచినప్పుడు ఇంకేవస్తువు వర్తనమూ ఏభౌతిక సూత్రమూ, మడతపడిపోదు. కనుక భౌతికసూత్రాల వర్తనమును గమనించుటవల్ల ఆవస్తువు గమనాన్ని గుర్తించు కోలేము. [భూమిమీద కొన్ని వస్తువులు— రైలుగట్టుమీద నిలిచిన వారివలె— స్థిరంగా వున్నట్టూ మరికొన్ని వీటికి సాపేక్షంగా— రైలూ, పక్షులూవలె— సమాన ఋజుగమ నంతో సాగిపోతూన్నట్టూ కనబడతాయి. వీటన్నిటినీ కలిపి 'సమాన సాపేక్ష గమనమున్న సంస్థలు' అని పేరు పెట్ట వచ్చును. జడవస్తువుల వర్తనము ఈ సంస్థలలో ఒకేరీతిగా గోచరిస్తుంది. కనక వీటిని 'జడసంస్థలు (inertial systems) అని కూడా అనవచ్చును]. సమాన సాపేక్ష గమన మున్న సంస్థలకు అనగా జడసంస్థలకు అన్నిటికీ సాపేక్షం (relative)

గా గతి సూత్రములు (laws of motion) ఒకే రూపములో వర్తిస్తాయి కనక గతి సూత్రాల సాయముతో వాటిని వింగడించలేము. అంటే “ఇవి కదిలేసంస్థలూ ఇవి కదలనివీ” అని కనుక్కోలేము. గతిసూత్రముల ఈ సాపేక్షసమవర్తనాన్ని సాపేక్షతా సూత్రము (Principle of relativity) అన్నారు. ఇక్కడ (relativity) అన్న సాపేక్షత గతిసూత్రాలది అనిన్నీ, అవి జడసంస్థల కన్నిటికీ ఒకే రూపంతో వర్తిస్తాయి అనిన్నీ తీర్మానించుకున్నారు.

మైకెల్సన్ మోర్లీ ప్రయోగము కాంతిసూత్రాలకు సంబంధించినది. రైలు పెట్టెలో బంతిని అటూ ఇటూ, పైకీ కిందకీ విసిరి (గతి సూత్రాల వర్తనకు ఆధారముగా) కనుక్కోలేని మన సమానభుజగమనాన్ని మైకెల్సను కాంతి కిరణాన్ని భూమిమీద అటూ ఇటూ విసిరి కనుక్కుంటాననుకున్నాడు. DB, DA అన్నవి రెండు సమానపు పొడవుగల కడ్డీలు. B D A అన్న చట్రము భూమిమీద వుందీ, భూమితోపాటు బాణముచూపించే దిశకు సమాన వేగముతో ప్రయాణిస్తోంది. ఇప్పుడు D నుంచి B కీ, D నుంచి A కీ కాంతి కిరణాలు వదిలేము. అవి తిరిగివచ్చాయి. ఈ కాంతి కిరణాలు బంతులే అయితే అవి సమాన కాలంలో D కి తిరిగి వస్తాయని అనడానికి మనకి సంకోచము లేకపోను. ఇవి కాంతి కిరణాలైనాయీ, కాంతి ఈథరులో విద్యుదయస్కాంతిక తరంగముగా ప్రయాణిస్తుందన్నాడు



మాక్స్వెల్. కనక మన లెక్కలో BD, DA కడ్డీల పొడవూ, కాంతి కిరణ వేగమూ మాత్రమే కాక కాంతికి వాహక మన్న ఈథరుయొక్క వేగము కూడా ప్రవేశించింది. కిరణాలు D ని చేరే కాలాలలో తేడా వచ్చిందీ, ఆ తేడాను పట్టుకుందామని మైకెల్సను యత్నము చేశారు. తేడా దొరకలేదు. అంటే "ఈథరు పట్టుబడలేదు" అనే కదా అర్థము! ఈథరుని మినహాయించేస్తే కాంతి కిరణాలు D ని చేరేకాలంలో తేడారాదూ, భూమియొక్క సమానగమనాన్ని కని పెట్టడానికి ఈ కిరణాల వర్తనము అనగా కాంతి సూత్రాల వర్తనము కూడా సహాయపడబోదు కనక "గతి సూత్రాలకు వర్తించే సాపేక్షతా సూత్రము (సమానసాపేక్ష వేగముగల సంస్థలకు గతిసూత్రాలు సమాన రూపంతో వర్తిస్తాయన్నది) కాంతి సూత్రాలకు కూడా వర్తిస్తుంది" అని చెప్పడానికి వీలు ఏర్పడి వుండును. "గతి సూత్రాలు నిశ్చలంగా వున్న సంస్థలకీ వాటికి సాపేక్షంగా సమాన ఋజుగమనము గల సంస్థలకీ రెండింటికీ ఒకే రూపంతో వర్తించినట్లు కాంతి సూత్రాలు కూడా వాటికి ఒకే రూపంతో వర్తిస్తాయి కాబట్టి, కాంతి, స్థిరముగా వున్న సంస్థలకీ వాటికి సాపేక్షంగా సమాన వేగముతో ఉన్న సంస్థలకీ ఒకే వేగంతో పోతూన్నట్లు కనిపిస్తుంది, కనుకనే మైకెల్సను ప్రయోగములో రెండు కిరణాలూ ఒకేమారు D కి వచ్చి చేరేయీ" అని చెప్పడానికి ఈథరు అడ్డు తగిలింది.

కాంతి తరంగ గమనము స్థితి స్థాపకత (elasticity) లేని ద్రవ్యము లేకపోతే జరుగలేదు గనుక — కాంతి వాహకముగా ఈథరును ఊహించడము అవసర మైంది. "శబ్ద తరంగాలకు గాలీ, జల తరంగాలకు నీటి ఉపరి భాగము మీాద ఉండే పొరా, వలె వెల్తురు తరంగాలకు ఈథరు వాహక ద్రవ్యము" అను కోవడము వల్ల మైకెల్సన్ ప్రయోగము విడని సమస్య అయి కూర్చుంది. ఈథరు లేకుండా కాంతి తరంగ గమనము ఎలాగ సాధ్యమూ?" అన్నది గడ్డు ప్రశ్నే. అయితే "వట్టి ఆకాశములో ఘన పదార్థములతో సమమైన ఈథరు ఎలాగ వుండగలదూ?" అన్నదీ గట్టి ప్రశ్నే. మొత్తమ్మీాద "కాంతి తరంగ గమనము" జరుగుతూన్న కార్యము, దాని కాధారము ఈథరు" అన్న నమ్మకము గట్టిగా పాదుకొన్నది. మైకెల్సను ప్రయోగము ఈథరు వట్టిదే అంటున్నది. "అవును" అనడానికి ఎవరికీ ధైర్యము చాలలేదు.

1904వ సంవత్సరములో ట్రౌటన్, నోబుల్ అనే ఇద్దరు వైజ్ఞానికులు విద్యుత్సూత్రాలను ఉపయోగించి, భూమికి సూర్యుడి చుట్టూవున్న గమనాన్ని కొలిచి చూపెట్టే యత్నంచేశారు. విద్యుదావేశము నిచ్చి వ్రేలాడ దీసిన లోహపు బిళ్ల (భూమియొక్క సంవత్సర) గమనంతో పయనిస్తే ఆవిద్యుదావేశము గమనమువల్ల విద్యుత్ప్రవాహతుల్య మైపోయి, తానుపయనించే దారిచుట్టూ అయస్కాంత క్షేత్రా విర్భావానికి కారణమౌతుంది. ఈవిద్యుదయస్కాంత

(ఉభయ) బలముల యొక్క మొత్తము తగ్గగలిగినంత కనీస ప్రమాణానికి కుదించు కోవడములో లోహపు బిళ్ల భూమి గమించే దిశకు లంబముగా వుండేటట్లు తిరగాలి. ఎంతసున్నితపు సాధనాలు ఉపయోగించినా ట్రౌటన్‌కు ఈ తిరుగుడు తత్వం పట్టుబడలేదు. స్థిరంగా వున్నలోహపు బిళ్ల విద్యుదావేశము నిస్తే నిశ్చలంగా వుండగలిగినట్లే, సమానవేగంతో పయనించేది కూడా విద్యుదావేశము నిస్తే నిశ్చలంగానే వుంటుంది కాబోలు! అంటేమరి ఏమన్నమాటా? సమానవేగమువల్ల విద్యుద్దృశ్యాలు కూడా మడతపడ వన్నమాట.

ప్రవేశము : ప్రొఫెసర్ ఆల్బర్టు అయిన్‌స్టీను

ఈ ప్రయోగాలను గుర్తించుకుంటూన్న అయిన్ స్టీను క్రీ. శ. 1905 లో పలకడము ప్రారంభించాడు. స్థిరంగా వున్న సంస్థలకీ, వాటికి సాపేక్షంగా సమానగమనంతో పయనించే సంస్థలకీ (అనగా జడసంస్థలకు) గతిసూత్రాలూ, కాంతి సూత్రాలూ, విద్యుత్సూత్రాలు సమమే అన్న సంగతినిగుర్తించి "భౌతిక సూత్రాలు జడ సంస్థల కన్నిటికీ సమానములే" అని ఉద్ఘాటించి, అంతవరకూ ఒక్క గమనానికే ప్రత్యేకించబడ్డ సాపేక్షతా సూత్రాన్ని వెలుతురుకీ విద్యుత్తుకీ వ్యాపింపజేసి సాపేక్షతా వాదము (theory of relativity) నుగా తయారు చేసేడు. ఈ వాదము ఒక పక్క భౌతిక సూత్రాల సాపేక్షతను ప్రపంచిస్తూ ఇంకొక పక్క "సమానగమనాన్ని

ఏ భౌతికసూత్రాల పట్టువల్లా గుర్తించుటకు సాధ్యముకాదు" అని ఉద్ఘాటించింది.

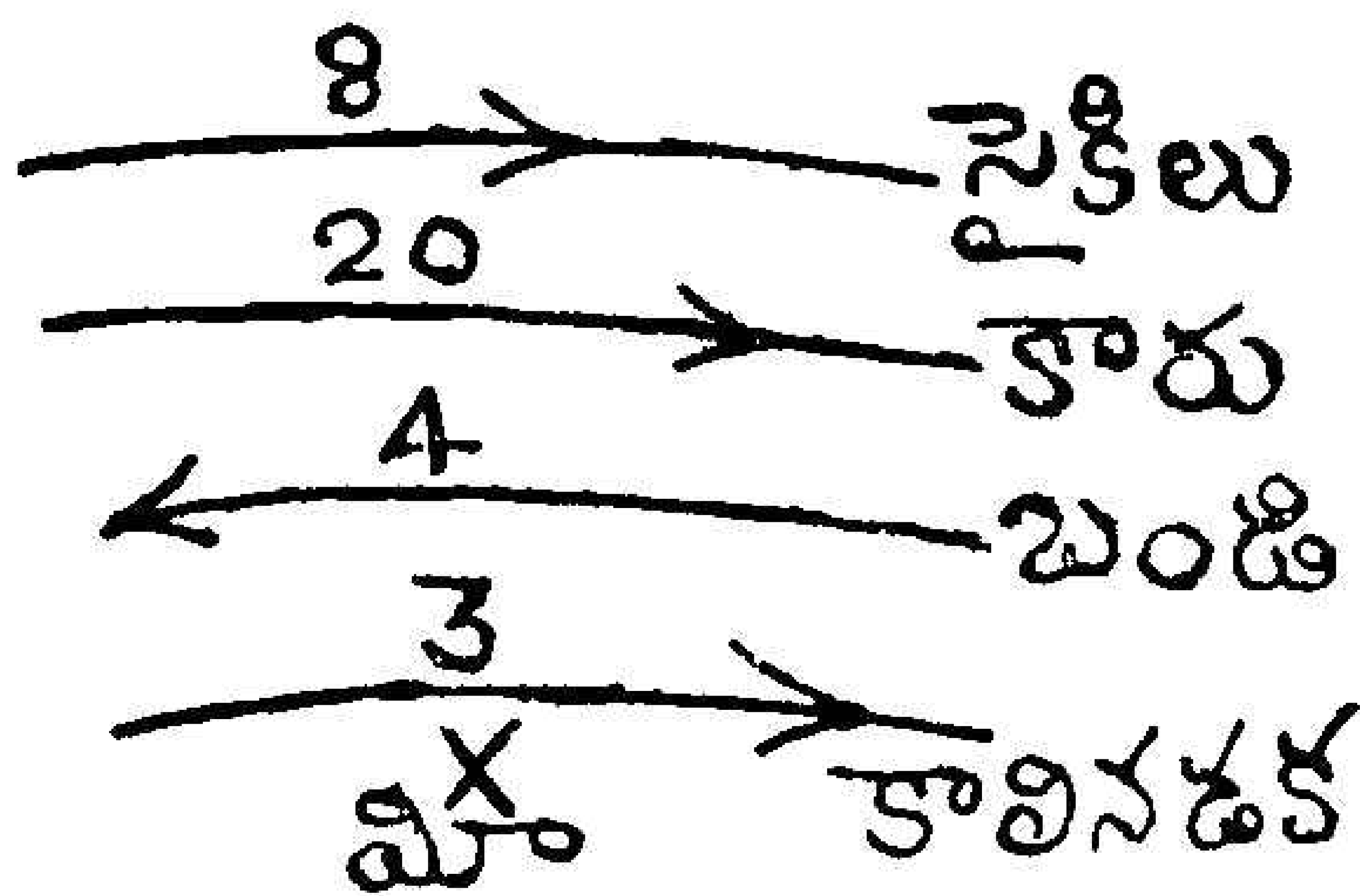
అయితే ఏవాదమేనా ఆమోదించబడాలంటే చేయవలసిన పనులు మూడు. మొదటిపని సద్యః బయలుదేరిన సమస్యకు జవాబు చెప్పితీర్చడము. రెండోది ఇదివరకు కనుక్కున్న విచిత్రాలకు నమ్మేటట్టుగా వ్యాఖ్యానము చెయ్యగలగడము. మూడోది ఇంతవరకూ మనమెరుగని క్రొత్త ఫలితాన్ని సూచించడము. అయిన్‌స్టీను సాపేక్షతా వాదము ఈమూడు గుణాల్నీ సాధించింది, ఊహాకందని క్రొత్త విషయాల్ని బయట బెట్టింది.

వెల్తురు వేగము అందరికీ ఒక్కటే

జడ సంస్థలకు (అనగా జడత్వమువల్ల ఒకేచోటున వున్నట్టివీ, వాటికి సాపేక్షంగా సమానవేగంతో సాగిపోతూన్నట్టివీ అయిన సంస్థలకు) సాపేక్షముగా భౌతికసూత్రాలన్నీ సమానములే అనిచెప్పి భౌతిక సూత్రాల సాపేక్ష సమవర్తనాన్ని బయట బెట్టింది కనక ఈవాదము సాపేక్షతావాదము అయింది. "వెలుతురు వేగము సెకనుకు 186000 మైళ్ళు" అన్నది కాంతికి వర్తించే సూత్రము. "ఈవేగము జడ సంస్థలలోనివారు ఎవరు కొలిచినా 186000 మైళ్ళే అవుతుంది" అన్నది అయిన్‌స్టీన్ సాపేక్షతా వాదమునుంచి పిదికిన మొదటి తీర్మానము. వారు ఋజురేఖలో సమాన వేగముతో

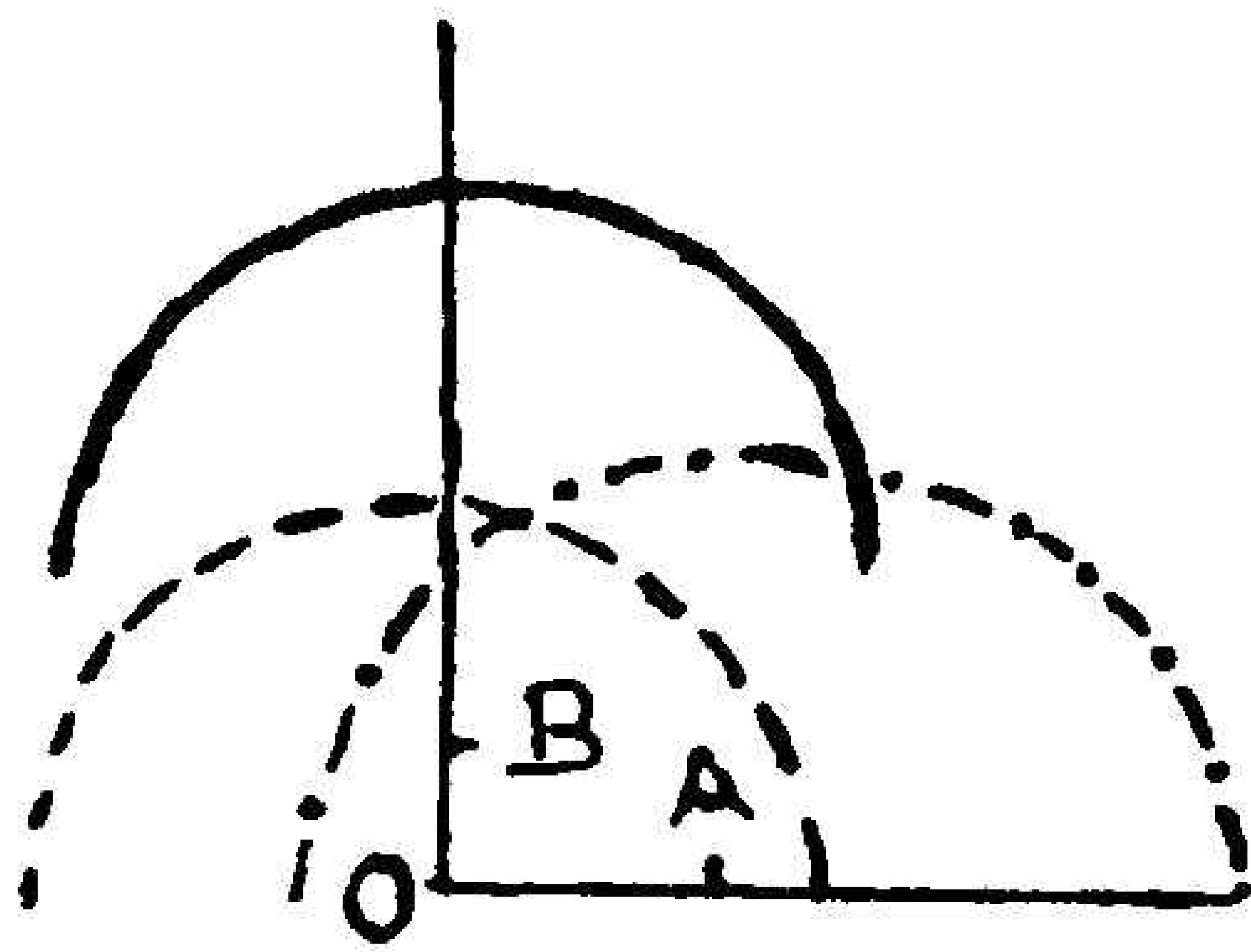
గమిస్తూండవచ్చునూ, భూమి మీద ఎక్కడో ఒకచోట కదలకుండానూ ఉండవచ్చును. వారి గమన పరిస్థితులతో పనిలేకుండా వెలుతురు యొక్క వేగము వారి కొలతలకు 186000 మైళ్లు మాత్రమే వుంటుంది. కనుక మైకెల్సను ప్రయోగములో భూమితోపాటు ఎడమువైపుకి దూసుకు పోయే D కి సాపేక్షంగా A వైపేనాసరే, B వైపేనాసరే, వెలుతురు వేగము ఒక్కటే, అందువల్ల D నుంచి B కి వెళ్లి తిరిగి వచ్చిన కిరణము ఆలస్యము కావడానికి ఏదీ కారణము లేదు. ఆప్రయోగఫలితములో విడ్డూరమేలేదు. విడ్డూరమంతా ఎక్కడుందీ? ముక్కూ మూలమూలేని ఈథరు ఉన్నదనుకుని లెక్కలు చెయ్యడములో. "ఈథరు మాటయేమిటి"? అని అయిన్ స్టీను నడిగితే ఆయన జవాబు "ఈథరును ఎవ్వరూ కనిపెట్టలేదు. దాని సంగతి మనకేల ?" అని. సాపేక్షతావాదము సద్యః బయలుదేరిన మైకెల్సను ప్రయోగ ఫలితాన్ని వివరించి మొదటి కర్తవ్యాన్ని నెరవేర్చింది.

"వెల్తురుయొక్క వేగము స్థిరముగా వున్నవారికీ, వారికి సాపేక్షముగా సమానవేగముతో గమిస్తూన్న వారికీఒక్కటే" అన్న సూత్రము పైచూపుకి చల్లగానే వుంది. కాని కొంచెకి చూస్తే చుఱుక్కు మంటుంది ... రోడ్డుప్రక్కన చెట్టుకింద మీరు కూర్చున్నారు. మిమ్మల్ని దాటి రోడ్డు మీద కాలి నడకనీ, సైకిళ్ల మీదా, బండ్లమీదా కారులమీదా మనుష్యులు పోతున్నారు. 'మీ' అన్నది మీరు. ఇటూ అటూ



పోయేవారి వేగమూ దిశలూ బొమ్మలోని అంకెలూ బాణాలూ సూచిస్తున్నాయి. కాలి నడకని పోయే వాడికి కారు 20-3=17 మైళ్ల వేగముతో కుడివైపు పోతున్నట్లు కనబడుతుంది. బండి మీది వాడికి కారు 20+4=24 మైళ్ల వేగంతో కుడివైపుకి వెళ్లుతూన్నట్టూ, సైకిలు మీది వాడికి 20-8=12 మైళ్ల వేగముతో కుడివైపుకి పోతూన్నట్టూ కనబడుతుంది. ఇప్పుడు ఆ కారే వెల్తురనుకోండి, అందరి వేగాలూ నూరురెట్లు పెరిగిపోయాయనుకోండి. అప్పుడు వారందరూ వెల్తురు వేగాన్ని కొలిచారనుకోండి. అందరి కొలతలకీ వెల్తురు వేగము ఒక్కటే. ఒక ఎరోడ్రోము – (విమానాశ్రయం – నించి అన్నిదిక్కులకీ ఎరోప్లేనులు వాటికి వీలయిన వేగముతో పోతూ వెలుతురు వేగాన్ని కొలిచాయి అనుకోండి. అన్నిటికీ వెల్తురువేగము సెకనుకు 186000 మైళ్లే వస్తుంది. వారు వెలుతురు వచ్చేవైపే పోతూన్నా, వెలుతురు వెళ్లేవైపు పోతూన్నా లెక్కలేదు. కొలత ఫలితము మాత్రము ఒక్కటే అవుతుంది.

మరొక ఉదాహరణము వినండి, మన అభిప్రాయాలకు కాళ్లకింది నేల దించుకుపోతుంది. మీరు 'O' దగ్గరుండి ఒక



వెలుగును అన్ని వైపులా ప్రసరింప జేశారు. ఒక్క సెకనుగడిచిన తరువాత ఆ వెలుగు ఎంత వరకూ వెళ్ళిందో మీరు పరిశీలిస్తే అన్ని వైపులా 'O' కి 186000 మైళ్ల దూరంలో వున్న గీతల గోళమును స్పృశించిందని తెలుస్తుంది. 'O' దగ్గర వెలుగును ప్రసరించి మీరు ఒక రాకెట్టును ఎక్కి ప్రయాణిస్తూ ఒక్క సెకనులో A దగ్గరకు చేరారూ, మీ స్నేహితు డొకడు అలాగే B కడకు చేరాడు. మీరు A దగ్గరనుంచి వెలుతురు ఎంతవరకూ ప్రసరించిందీ అని పరీక్షిస్తే మీ యిప్పటి కొలతకి వెలుతురు A దగ్గరనుంచి అన్ని వేఫులా 186000 మైళ్లు వెళ్లి వున్న చుక్కా గీత Xల గోళానికి చేరి వుంటుంది. అలాగే B నుంచి చూస్తే గీత గోళానికి చేరి వుంటుంది. వెలుతురు వేగము ఎవరు కొలిచినా ఒక్కటే కనక 'O' నుంచి కొలిచినా, A నుంచి కొలిచినా, ఆ యా బిందువులకు అన్నివైపులా 186000 మైళ్ల వరకూ వెళ్లి వుంటుంది. ఒక్క సెకనులో మీరు 'O' దగ్గరనుంచి ప్రసరించిన వెల్తురును 'O' దగ్గర వుండిపోయి మీరూ ప్రయాణిస్తూ ఒక సెకనులో A దగ్గర చేరిన మిత్రుడూ, అలాగే B దగ్గర చేరిన మిత్రుడూ పరీక్షిస్తే, మీ కొలతకు గీతల గోళాన్ని చేరినట్లు కనపడే వెల్తురే, A కి చుక్కా గీతాగల గోళానికి

B కి గీతగోళానికీ చేరి వున్నట్టుగా కనబడుతుంది. ముగ్గురి దృష్టికీ వెల్తురు చేరిన గోళము కచ్చితమైన గోళమే (Accurate sphere). తిప్పి చెప్పినట్లయితే “వ్యాపించే కచ్చితమైన వెల్తురు గోళానికి మూడు వేర్వేరు కేంద్రాలు!” ఇదీ వెల్తురు స్వభావానికి అనుగుణమైన సర్దుబాటు. ఎవరు ఎక్కడనుంచి కొలిచినా ఒకటే వేగము! ఇదెలా సంభవమూ అంటారా?

మారిపోయే కొలమానాలు

సమానమైన సాపేక్ష వేగమున్న (అనగా ఒకదానికొకటి సాపేక్షముగ సమాన వేగము గలిగిన) రెండుసంస్థల దృష్టికి వెలుతురు సమాన వేగంతోనే ప్రసరిస్తుందన్న సాపేక్ష సూత్రాన్ని ప్రస్తరించి, అయిన్‌స్టీను, ‘ఆ రెండురకాల సంస్థల వారి కొలమానములూ ఒకేలాగుండవు, వాటి సంబంధాలు ఈరీతిగా వుంటాయి, అని లెక్కలువేసి చూపించాడు. మనము ఒక సంస్థలో వున్నాము. రెండోసంస్థ - రైలే అనండి - సమాన వేగంతో (Uniform velocity) వచ్చి మనసంస్థని దాటుతోంది. అది దాటబోయే క్షణంలో సరిగ్గా మనము ఆ సంస్థలోని మీటరు బద్దను మన కొలతల ప్రకారము కొలిచాము

$$\text{దూ}$$

అనుకొండి. అప్పుడు $\text{దూ}^* = \dfrac{\text{దూ}}{\sqrt{1 - \frac{\text{వే}^2}{c^2}}}$

అవుతుందని నిరూపించాడు అయిన్‌స్టీను. ‘వే’ అంటే ఆ సంస్థకు (మనకు సాపేక్షంగా) గలవేగము ‘c’. అన్నది

వెలుతురు వేగము. ఇది చాలా పెద్దది కనుక $\frac{\text{వే}^2}{c^2}$ అనే భిన్నమూ, $\sqrt{1 - \frac{\text{వే}^2}{c^2}}$ అన్న హారముయొక్క విలవా ఒకటి కంటె తక్కువగా వుంటాయి. దూ* అన్నది ఆసంస్థలో ఒక మీటరు అనుకోండి. అదే పొడవు మన కొలతలో దూ. ఇది పైసమీకరణాన్ని బట్టి.

$$\text{దూ} = \text{దూ}^* \times \sqrt{1 - \frac{\text{వే}^2}{c^2}} = 1 \times \sqrt{1 - \frac{\text{వే}^2}{c^2}}$$

అవుతుంది.

$\sqrt{1 - \frac{\text{వే}^2}{c^2}}$ ఒకటి కన్నా చిన్నది కనక, ఒక మీటరు ను దీనితో హెచ్చవేస్తే దూ అన్న కొలతయొక్క విలువ ఒక మీటరు కన్నా తక్కువ వస్తుంది. అంటే ఏమన్న మాట? గమిస్తూన్న సంస్థలోని మీటరు రెండో సంస్థ లోని కొలతకు మీటరు కన్నా చిన్నదైనట్లు, — కుంచించు కున్నట్లు — కనబడుతుంది అన్నమాట. ఇదేకదా ఫిట్జరాల్డు చెప్పిన ఆకుంచనము? అయితే ఒక ముఖ్యమైన తేడావుంది. ఫిట్జరాల్డు, గమించే సంస్థలోని కొలబద్ద కుంచించుకుంటుంది అన్నాడు. అయిన్‌స్టీను (ఆసంస్థలోని వారికి అది కుంచించు కున్నట్లు కానరాదనీ; — స్థిరముగా వున్నరెండో సంస్థలోని వారి దృష్టిలో "కుంచించు కున్నట్లు కనబడుతుం" దనీ అన్నాడు. "కుంచించు కున్నట్లు కనబడుతుంది" అన్న అయిన్‌స్టీను తీర్మానము "కుంచించు కుంటుంది" అన్న

ఫిట్జరాల్డు తీర్మానము కన్నా కచ్చితమూ సాధువూ కూడాను. అయిన్‌స్టీను తీర్మానానికి ఉపపత్తి వున్నది. కనుక అయిన్‌స్టీను సాపేక్షతా వాదము, ఫిట్జరాల్డు ఆకుంచనమును చక్కగా వ్యాఖ్యానిస్తూ 'ఏ క్రొత్తవాదమైనా అంతవరకూ తెలిసిన సంగతులను ఇదివరకటికన్నా చక్కగా వ్యాఖ్యానించాలి' అన్న పరీక్షకి నిలుస్తోంది. ఫిట్జరాల్డు ఈథరును ఆలాగేవుంచి ఈ ఆకుంచనమును ప్రవేశపెట్టాడు. అయిన్‌స్టీన్ ఎవరికీ తెలియరాని, తెలియలేని, ఈథరును వదివేసి, ఫిట్జరాల్డు సంకోచానికి గణితశాస్త్రీప పత్తి సంపాదించి పెట్టినాడు.

లొరెంజు సమీకరణాలు

సాపేక్షతా సూత్రాన్ని సాపేక్షతా వాదముగా పెంచి భౌతిక శాస్త్రసూత్రాలన్నీ సమాన సాపేక్ష వేగంగల సంస్థలకు సమానంగానే వర్తిస్తాయని మొట్టమొదట అయిన్‌స్టీన్ చెప్పినప్పటికీ అతనికంటె ముందుగా లొరెంజు అనే వైజ్ఞానికుడు ఈవాదానికి పునాదు లనదగిన నమ్మకాలతో లెక్కలు వేశాడు. లొరెంజు విద్యుదావేశ గతిసూత్రాలు (Laws of Electrodynamics) పట్టుకోడానికి యత్నించాడు. ఆయత్నంలో మాక్స్‌వెల్ నిర్మించిన ప్రఖ్యాత విద్యుదయస్కాంతిక క్షేత్రసమీకరణాలు (Electromagnetic field equations) మడతపడి మారవలసినట్టు గోచరించాయి, లొరెంజుకి కాని, అతడు మాక్స్‌వెల్ సూత్రాల్ని మార్చడానికి ఇష్టపడలేదు. అవి ప్రకృతి సూత్రాలనీ,

సమాన సాపేక్షగమనము గల సంస్థలకు రెండింటికీ అవి ఆరూపంతోనే వర్తిస్తాయనీ లోరెంజు సిద్ధాంతము చేసేసుకుని సమాన సాపేక్షగమనము గలసంస్థల కొలమానాల పరస్పర సంబంధాలు ఇలాగవుంటాయని సమీకరణాలు నాలుగు నిర్మించాడు. అవి ఇవి :

$$\text{దూ}^{*} = \frac{\text{దూ} - \text{వే}.\text{కా}}{\sqrt{1 - \frac{\text{వే}^2}{c^2}}} \quad (1); \qquad \text{దూ} = \frac{\text{దూ}^{*} + \text{వే}.\text{కా}^{*}}{\sqrt{1 - \frac{\text{వే}^2}{c^2}}} \quad (3)$$

$$\text{కా}^{*} = \frac{\text{కా} - \frac{\text{వే}}{c^2}\text{దూ}}{\sqrt{1 - \frac{\text{వే}^2}{c^2}}} \quad (2); \qquad \text{కా} = \frac{\text{కా}^{*} + \frac{\text{వే}}{c^2}\text{దూ}^{*}}{\sqrt{1 - \frac{\text{వే}^2}{c^2}}} \quad (4)$$

వీటిలో వే అన్నది రెండు సంస్థలకున్న సాపేక్షవేగము. c వెల్తురు యొక్క వేగము దూ, కా అన్నవి ఒక సంస్థలోని దూరమూ కాలమూను. దూ* కా*, అన్నవి మొదటిదాని దృష్టిలో (వే అన్న వేగంతో గమించే) రెండో సంస్థలోని దూరమూ కాలమూను; ఈసమీకరణాల లోని (1) (2) సమీకరణాల సాయముతో స్థిరముగా వున్నదనుకున్న సంస్థలోనివారు తీసిన దూరమూ కాలమూ కొలతలు తెలిస్తే, అవేగ మిస్తూన్న రెండో సంస్థలోని వారికి ఎంత ప్రమాణముతో వున్నట్టు కనిపిస్తాయో తెలుసుకోవచ్చును.

(3) (4) సమీకరణాలు, గమిస్తూన్న సంస్థవారి కొలతలను బట్టి వారి దృష్టికి స్థిరముగావున్న సంస్థవారి కాలాలూ దూరాలూ ఎంత ప్రమాణముతో వుంటాయో లెక్క గట్టడానికి పనికివస్తాయి. (1) (2) సమీకరణాలే లొరెంజు సమీకరణాలని వాడుక. [(3) (4) ఆరెండింటి రూపభేదాలే] లొరెంజు రెండు సమీకరణాలకూ ప్రత్యేక నియమాలు పెట్టి సులభము చేస్తే ఇందాకా చెప్పిన

$$దూ^* = \frac{దూ}{\sqrt{1-\frac{వే^2}{c^2}}}$$ అన్నది ఒకటిన్నీ, $కా = $

$$\frac{కా^*}{\sqrt{1-\frac{వే^2}{c^2}}}$$ అన్నది ఒకటిన్నీ రెండు సమీకరణాలు

తేల్తాయి. వీటిలో మొదటి సమీకరణాన్ని లొరెంజుకి పిమ్మట ఫిట్జరాల్డు తనంతట తానే చెప్పాడు. కనక ఆసమీకరణాన్ని ఒక్కదానినే ఫిట్జరాల్డు ఆకుంచనము చెప్తూ వివరించి నాను. ఊహామాత్రంగా నిలవబడ్డ ఫిట్జరాల్డు ఆకుంచనమును గణితశాస్త్ర పద్ధతులతో తీర్మానించిన యత్నం లోనే అయిన్‌స్టీను, లొరెంజు రెండో సమీకరణాన్ని కూడా సాధించాడు. ఆసమీకరణమే $కా = \frac{కా^*}{\sqrt{1-\frac{వే^2}{c^2}}}$ అన్నది.

దీనిలో కా* అన్నది కదిలే రెండో సంస్థలో రెండు సిగ్నలు ప్రసారాల నడిమి కాలము. కా అన్నది మొదటి

సంస్థ వారి కొలతలలో అదే కాలపు తునక. కా*
అన్నది ఒక్క సెకను అయితే

కా = సెకను

$\sqrt{1-\frac{వే^2}{c^2}}$ ఇక్కడి హారము ఒకటి కంటె తక్కువ.

కనుక కా అన్నది సెకను కంటె పెద్దది అవుతుంది. అనగా, గమించే రెండో సంస్థ లోని సెకను మొదటి సంస్థ లోని వారికి సెకను కంటె ఎక్కువై కనబడుతుంది. రెండో సంస్థలో 60 సెకనులు కొట్టితే మొదటి సంస్థలో 90 సెకనులు తిరిగి పోతాయి. అంటే గమించే సంస్థలోని కాలము సాగి పొడ వౌతుంది అన్నమాట గమించని సంస్థ దృష్టిలో. అయితే వారికి వీరెంతో వీరికి వారూ అంతే నన్న హెచ్చరిక చెయ్యాలి ఇక్కడ. మీరు రాకెట్టు మీద మహా జోరుగా పోతున్నారు. మాదృష్టిలో మీకొలబద్ద కుంచించుకుంటుంది, మీ వాచీ నెమ్మదిగా సెకనులు కొట్టుకుంటూ స్లో అయినట్టూ కనబడుతుంది. మీకు సాపేక్షంగా మేమూ గమిస్తున్నాము కదా? మీకొలతల ప్రకారము మా కొలబద్ద చిన్న దౌతుంది, మా సెకను పొడుగౌతుంది. వెల్తురు సెకనుకు 186000 మైళ్ల వేగంతో ప్రయాణిస్తుంది కదా? సెకనుకు 167400 మైళ్లు (పై వేగంలో పదింట తొమ్మిది వంతులు) వేగంతో పోయే సంస్థ లోని నూరు సెంటీమీటర్ల మీటరు 44 సెంటీ మీటర్లై కనబడుతుంది, సెకను రెండున్నర రెట్లు పెరుగుతుంది. మన మీటరు వారికి 44 సెంటీమీటర్ల పొడవూ,

మన సెకను వారికి రెండున్నర సెకండ్లగా కూడాను. లొరెంజు సమీకరణాల్ని గణితశాస్త్ర రీత్యా నిరూపించి, సాపేక్షతావాదము అదివరకే తెలిసిన విచిత్రాలకు నమ్మదగిన వ్యాఖ్యానము చేసింది.

మించరానివేగము

ఒక రాతిని, లేదా ఫిరంగి గుండుని, రాకెట్టుని, ఎంత వేగంతో విసర వచ్చునూ ? అని అడిగితే "శక్తివుండాలి గాని ఎంతవేగంతో నైనా విసరవచ్చును" అనిజవాబు చెప్తాము. అయిన్‌స్టీను వస్తువులకు మించరాని వేగము ఒకటి ఉన్నదనీ, అదివెల్తురు వేగమే ననీ నిరూపించాడు. లొరెంజు సమీకరణాల సారాంశసమీకరణాలు పరిశీలించండి.

$$\text{దూ}* = \frac{\text{దూ}}{\sqrt{1-\frac{\text{వే}^2}{C^2}}}$$

$$\text{కా} = \frac{\text{కా}*}{\sqrt{1-\frac{\text{వే}^2}{C^2}}}$$

దూ * కా * అన్నవి కదిలే రెండోసంస్థలోని దూరమూ కాలమూను. ఈ రెండింటిలోనూ వే అన్నది ఒక సంస్థకి సాపేక్షంగా రెండో సంస్థకి గలవేగము. ఇది క్రమంగా హెచ్చుతోంది అనుకోండి, దూ * అన్నది ఒకమీటరు అనుకుంటే అప్పుడు క్రమంగా దూ యొక్క విలువతగ్గుతుంది.

అంటే రెండో సంస్థలో వున్న మీటరు పొడవు మొదటి సంస్థవారు కొలిచినప్పుడు పొట్టి అయినట్టు కనబడుతుంది అన్న మాట. వేగము C కి సమానమైతే దూ అన్నది సున్న అవుతుంది. అంటే ఏమన్న మాటా? వేగము వెలుతురు వేగానికి సమమైతే మొదటి సంస్థ వారికొలతల ప్రకారము రెండో సంస్థలోని మీటరు పూర్తిగా కుంచించుకు పోయి మాయమై పోతుంది. మీటరులాగే ఆ సంస్థ అంతా కుంచించుకు పోయి నట్టాతుంది. రెండో సంస్థలో నుంచి చూస్తే మొదటి సంస్థా అంతే. వేగము C ని దాటితే ఈ సంస్థల పొడవు ఋణము (Negative) అవుతుంది. ఇది ఊహకి అందని సన్నివేశము. ఇదే విధంగా రెండో సమీకరణంలో కా * ఒక సెకను ఐతే వేగముఎక్కువై పోయినకొద్దీ కా విలువ హెచ్చి పోతుందనీ, వే C కి సమాన మయ్యేసరికి కా అనంత మౌతుందనీ, వే విలువ C ని దాటిపోతే ఏ మౌతుందో ఊహించ వీలుపడదనీ తెలుసుకోవచ్చును. వే, C కి సమానమైన దంటేనే ఏమౌతుందో ఊహించలేము. అయిన్‌స్టీను అన్నాడుగదా, "ఊహించరాని సన్నివేశాలు జరుగుతాయని మాత్రం ఎందు కనుకోవాలీ? ఊహించడానికే వీలేలేనివి జరగడానికి మాత్రము వీలా? అవి జరగనే జరగవు" అన్నాడు. అంటే ఏమన్న మాటా? వస్తువులవేగము C కి సమానము కావడము సాధ్య పడనే పడదు అన్నమాట. (C అన్న) వెలుతురు వేగము, వస్తువులకు మించరాని వేగము.

వేగానికి వేగము కలుపుకుంటూపోతేనో ?

ఈ తీర్మానాన్నే ఇంకోలాగ వాదించి సాధించాడు అయిన్‌స్టీను. పొడుగాటిరైలు మైళ్లూ యోజనాలూ పొడ వున్నది కలకనుకోండి. మీరు గట్టు కింద నిలబడ్డారు. ఆ రైలు మీకు సాపేక్షంగా V వేగంతో పోతుంది. దానిమీద ఇంకొక రైలు మొదటి రైలుకు సాపేక్షంగా V* వేగంతో పోతున్నది. "ఈరెండో రైలు మీకు సాపేక్షంగా ఎంత వేగంతో పోతోంది" అని అడిగితే మీరు "V + V* వేగము తో" అంటారు. కాని మనకు సాపేక్షంగా కదిలే సంస్థలోని కాలమూ దూరమూ కొలతలు మన కొలతలు కావుగదా! రెండోరైలుకు, (మొదటిదానికి సాపేక్షంగా) గలవేగం V* అని నిర్ణయించిన (మొదటిరైలులోని) కొలబద్ద, గట్టుమీద నిలబడ్డ మీ దృష్టిలో చిన్నదౌతుందికదా? మొదటి రైలు లోని కాలప్రమాణము మీదృష్టిలో పెరిగింది. ఈకారణము వల్ల రెండో రైలుమీకు సాపేక్షంగా కదిలే వేగము V + V* కంటె చిన్నది అయిపోతుంది. ఈకారణము వల్లనే, మూడో రైలు, నాలుగో రైలు, ఐదో రైలు ... ఇలాగ ఎన్నిరైళ్లు పెంచినా చివ్వరిరైలు వేగము మీకు సాపేక్షంగా C వేగము అందుకో లేదు! అంటే ఏమన్నమాట? ఈ వుపాయంవల్ల కూడా వస్తువులు వెలుతురు వేగాన్ని అందుకునే అవకాశము లేదన్నమాట. ఈసంగతినే పొడిగించి "వెల్తురు వేగాన్ని

మించిన వేగము మనకొలతలకు అందనే అందదు, అంటే లేనే లేదన్నమాట" అన్నవారూ వున్నారు.

ఊహించను వీలు లేనిది ఉండనూ వీలులేదు

ఈకొత్త తీర్మానాలకు పునాది అయిన నమ్మకము—ఊహించను వీలులేనిది ఉండనూ వీలులేదు అన్నది—కొత్తది. ఇదివరకు, ఊహించడానికి సాధ్యము కాని సన్నివేశాలు ఉండ వీలులేదని మనము అనుకొననే లేదా? అంటే, 'సమానాంతర రేఖలు ఎటుపొడిగించినా కలవవు అనీ, 'వస్తువుల ఉష్ణోగ్రత —మంచు ఉష్ణతకు 273 సెంటీగ్రేడు డిగ్రీల తక్కువను దాటి దిగువకు పోనేలేద' నీ 'ఏకాకి ఉత్తరధ్రువమూ ఏకాకి దక్షిణ ధ్రువమూ అయస్కాంతాలలో ఉండవనీ, 'శక్తిని మనము సృష్టిచెయ్యకుండా ఎప్పుడూ పనిచేస్తూనే ఉండే యంత్రము నిర్మించ సాధ్యము కాద'నీ మనము నమ్మినవి ఎవోకొన్ని సత్యాలు జ్ఞాపకానికి వస్తాయి. కాని సూత్రరూపంగా ఈ ఊహ వీలులేదు కనక ఆ 'సన్నివేశమే సాధ్యముకాదు' అని ముక్తకంఠంగా చెప్పి తీర్మానించడము ఇంతకు ముందులేదు. దీనితో, 'నిరూపించడానికి వీలులేనివి ఉన్నాయని అనుకోనూ వీలులేదు' వంటి సూత్రాలు ఇంకా బయల్దేరాయి.

౪. సాపేక్షతావాదము చెప్పిన కొత్త సంగతులు.

కొత్త సంగతుల్ని బయటపెట్టడంలో అయిన్‌స్టీను సాపేక్షతావాదము తక్కినవాదా లన్నిటికన్నా ముందడుగు

వేసింది. ఇదివరకు ఇన్ని కొత్తవిషయాలను ఏ ఒక్కవాదమూ బయట పెట్టలేదు. ఇప్పటికప్పుడే "వెలుతురుయొక్క వేగము c, ఏ సంస్థ నుంచి కొలిచినా సరే" అన్న గొప్ప సత్యాన్ని బయటపెట్టిందీ, "వస్తువులు ఏ సాధనంవల్లా కూడా వెలుతురు యొక్క వేగాన్ని అందుకోలేవు" అని చెప్పింది. వీటికితోడు కనీవినీ ఊహించీ ఎరగని సంగతుల్ని సాపేక్షతా వాదము నిరూపించి చూపింది. వస్తువుల ద్రవ్యరాశి (mass) వేగము వల్ల ఎక్కువౌతుందట. [ద్రవ్యరాశి అంటే ఒక పదార్థము లోని వస్తుసంచయము. దీనిని భూమి తనవైపు లాగే శక్తి 'బరువు.' ఇనపగుండుని వ్రేలాడదీసి, దిగువనుంచి పైకి ఢీకొంటే తగిలే దెబ్బ దాని బరువువల్ల తగిలేదెబ్బ. భూమిని విడిచి పైకిపోయినకొద్దీ భూమి ఆకర్షణశక్తి తగ్గుతుంది. కనక బరువూ తగ్గుతుంది, ఈదెబ్బమోపూతగ్గుతుంది; ఆ గుండునే పక్కనుంచి ఢీకుంటే తగిలే దెబ్బ ద్రవ్యరాసివల్ల తగిలేటిదెబ్బ. ఇది భూమికి ఎంత ఎత్తుకి వెళ్ళినా మారదు. వస్తురాశివల్ల ఒక పదార్థానికి అలవడే గుణము "స్థితి మారకూడదనే బద్ధకము." ఉన్నచోటనే పడివుండాలనీ, కదుల్తూ వుంటే కదులుతూనే వుండాలని అనిపించేగుణము వస్తురాశిది. బరువన్నది భూమి కేంద్రంవైపు లాగుతూనే వుండే బలము. ఇది వస్తురాశి మీదనే ఆధారపడుతుంది గాని దీని దిక్కు ఎప్పుడూ భూమి కేంద్రమువైపే.] కాఫ్‌మన్ అనే వైజ్ఞానికుడు తన ప్రయోగములో ఈ సంగతిని గుర్తించి చెప్పేడు.

రేడియోతీవ్రత కలిగిన కొన్ని పదార్థాల (Radioactive substances) నుంచి ఎలక్ట్రానులనే అతిసూక్ష్మ విద్యుదావేశకణములు చిమ్మబడతాయి. రేడియో తీవ్రపదార్థాలు యురేనియమూ, థోరియమూ ఏక్టినియమూ, అన్న మూలపదార్థాల వంశాలలోనివి చాలా వున్నాయి. వీటిలోనివి చాలా మూలకము (element) లు వాటంతటికి అవే ఎలక్ట్రానులను చిమ్ముతాయి. కాఫ్‌మన్ ఈ ఎలక్ట్రానుల $\frac{\text{విద్యుదావేశము}}{\text{ద్రవ్యరాశి}}$ అనే విశిష్టవిద్యుదావేశము (Specific charge) ను కొలిచి కనుక్కున్నాడు. దీని విలువ అన్ని పదార్థాలు చిమ్మిన ఎలక్ట్రానులకూ ఒక్కటే కాలేదు. దీనికి కారణము, వేగము మారడమువల్ల ఎలక్ట్రానుల ద్రవ్యరాశి మారడమే నన్నాడు కాఫ్‌మన్.

$$\frac{\text{విద్యుదావేశము}}{\text{ద్రవ్యరాశి}}$$

అన్న నిష్పత్తి మారినదంటే ద్రవ్యరాశి మారడమువల్లనే అన్నాడు. కాని వైజ్ఞానికులు అనుమానపడ్డారు ద్రవ్యరాశి మారడమేమిటని. సాపేక్షతావాదము వేగమువల్ల ద్రవ్యరాశి మారుతుందని నిరూపించి చెప్పింది.

లూయిా, టోల్మన్ అనే వైజ్ఞానికు లిద్దరు, వేగముతో ఒక వస్తువుయొక్క ద్రవ్యరాశి మారుతుందని సాపేక్షవాదమును ఉపయోగించినిరూపించినారు. సాపేక్షవేగమున్న రెండుసంస్థల

లోనివారు సమాన ద్రవ్యరాశిగల రెండు బంతులను ఎదురెదురుగా విసిరేరు అనుకొండి. వాటి ఆ వేగము (ఆవేగము=ద్రవ్యరాశి×వేగము) కూడా సమానమే అనుకొండి. ఒక సంస్థలోని వైజ్ఞానికుని కొలతలకు రెండోసంస్థలోని కాలము సాగినట్లు కనబడుతుంది. కాలము సాగినదంటే వేగము తగ్గినట్లే కనబడుతుంది. అంటే మరి గతిబలము తగ్గవలెను. గతిబలములు సమానముగా ఉన్నవని మొదటనే చెప్పితిమి. కాబట్టి, కాలము పెరిగిన నిష్పత్తిలోనే ద్రవ్యరాశీమారియుండవలెను. సెకనులు పొడవై, కాలప్రమాణము మొత్తము మీద తగ్గినది కనుక ద్రవ్యరాశి పెరిగి యుండవలెను. ఏతావాతా తేలేది: గమనమువల్ల, గమించే సంస్థలోని ద్రవ్యరాశి పెరిగినదన్న మాట. లెక్కవేస్తే $\frac{1}{\sqrt{1-\frac{వే^2}{c^2}}}$ రెట్లు పెరిగినట్లు తేలుతుంది. ఈ పెరుగుదల 'వే'గము మీదనే ఆధారపడుతుందని వేరే చెప్పనక్కర లేదు కదా? ['వే' పెరిగిన కొద్దీ హారము చిన్నదౌతుంది, పైభిన్నము విలువ పెరుగుతుంది] వేగమును బట్టి ఒక వస్తువుయొక్క ద్రవ్యరాశి పెరుగుతుందన్న సత్యము సాపేక్షవాదము కనిపెట్టిన సరికొత్త సత్యము.

వేగమువల్ల ఒక వస్తువుకు గతిజశక్తి (Kinetic energy) అలవడుతుంది. ఈ గతిజశక్తిని లెక్కగట్టితే సాపేక్షవాదము ప్రకారము

$$గ. శ = (వే. ద్ర - ద్ర)\ C^2$$

అన్న సమీకరణము తేలింది. వే. ద్ర అంటే వేగముతో పెరిగిన ద్రవ్యరాశి; ద్ర అన్నది నిశ్చలముగా ఉన్నప్పటి ద్రవ్యరాశి, C అన్నది వెలుతురుయొక్క వేగము. గ. శ. అన్నది గతిజశక్తి. ఈ సమీకరణాన్ని ప్రస్తరిస్తే

$$\frac{\text{గ. శ}}{C^2}$$ = 'వేగమువల్ల వచ్చిన ద్రవ్యాతిశయము' అని

తేలుతుంది. గతిజశక్తి అంటే గతివల్ల వచ్చిన శక్తిభేదమే కదా? కనుక

$$\frac{\text{శక్తిభేదము}}{C^2} = \text{ద్రవ్యభేదము.}$$

$$\frac{\text{శక్తి}}{C^2} = \text{ద్రవ్యము}$$

$$\text{శక్తి} = \text{ద్ర.}\ C^2,\ [E = mc^2]$$

ఇది ప్రపంచ విఖ్యాతి నందిన ద్రవ్య శక్తి సమతా సమీకరణము (Equation of Equivalence of mass & Energy) ఆధునిక భౌతిక విజ్ఞాన మండపానికి స్తంభాలై నిల్చిన నాలుగు సమీకరణాలలోనూ ఇది వొకటి. (అయిన్‌స్టీన్‌దే మరి వొకటి ఉంది). శక్తీ ద్రవ్యమూ అసలులో ఒక్కటే అనీ, ఈరెండూ ఆమూలపదార్థానికి, లేదా మూలశక్తికి, బొమ్మా బొరుసూ అనీ ఈ సమీకరణము ఉద్ఘాటిస్తుంది.

అవి ఒకటి ఇంకొకటిగా మారితే ఈ మానము ప్రకారము మారతాయని కూడా లెక్క వేసి చెపుతుంది.

ఇదివరకు సృష్టిలోవున్న పదార్థ మంతటినీ ద్రవ్యమనీ, (వెలుతురూ వేడిమీ కండరశక్తీవంటి వాటి నన్నిటినీ, 'శక్తి' అనీ నామకరణము చేసి, ద్రవ్య పరిమాణ పరిరక్షణ (Conservation of matter) సూత్రమూ, శక్తి పరిమాణ పరిరక్షణ (Conservation of energy) సూత్రమూ అల్లుకొని లెక్కలు చేశాము. సున్నమూ జెల్లమూ కలిపినా, గంధకధృతిలో నీరు కలిపినా వేడి పుట్టుతుందని గుర్తించాము. కాని ఈ వేడిమి ఎక్కడినుంచి వచ్చిందీ అన్న జిజ్ఞాస చెయ్యలేదు. వెచ్చబెట్టిన ఇనుపగుండు పరిమాణము పెరుగునే కాని కాలిన గుండుకీ చల్లని గుండుకీ ద్రవ్యరాశిలో భేద ముండదా ? అని తర్కింపలేదు. ద్రవ్యానికి ఉన్నచోటనే ఉండిపోయే జడత్వమూ, శక్తికి సెకనుకు 186000 మైళ్ల వేగమూ ఉన్నాయని గుర్తించి, ఈ రెండూ వేరువేరని తీర్మానం చేశాము. కాలిపోయిన కొవ్వొత్తిలోని ద్రవ్యము నీరుగానూ అంగారామ్ల వాయువు (Carbonic acid gas) గానూ మారిపోయినదే కాని నాశనము కాలేదన్నాము; వేడిమికి బరువేలేదా అని జిజ్ఞాస చెయ్యలేదు. ఆవిరిలో వెచ్చబెట్టిన రాగిమేకుల్ని నీటిలో పడవేస్తే ఆ వేడిమి నీటికీ రాగి పాత్రకీ సర్దుకుంటుందని తీర్మానించి వేడిమికి బరువుతో

ఏమీ సంబంధము లేదని నమ్మేశాము. అయిన్‌స్టీన్ ద్రవ్యశక్తి సమతాసూత్రముతో ద్రవ్యానికీ శక్తికీ నడుమ నుండిన కంచుగోడలు విచ్చిపోయాయి. ద్రవ్యమూ శక్తీ వేర్వేరుకాదు, ఒకటే. బొమ్మా బొరుసూ నాణెమునకువలెనే ద్రవ్యమూ శక్తీ సృష్టికి రెండురూపాలు. అవి ఒకదానిలోని కొకటి మారవచ్చును. సున్నమూ, బెల్లమూ కలిపినప్పుడు ద్రవ్య, శక్తి సముచ్చయము పరిరక్షింపబడుతుంది. కాని ద్రవ్యమూ శక్తీ-వేర్వేరుగా కాదు. ఆ రసాయనిక క్రియ (Chemical reaction) లో విడివడే వేడిమిశక్తియొక్క ద్రవ్యపు విలవనుకూడా [$E=mc^2$ సమీకరణాన్ననుసరించి] లెక్క బెట్టుకుంటేనేగాని మొత్తపు ద్రవ్యము పరిరక్షింపబడుతున్నట్లు తెలియదు. వేడిబంతికి చల్లగా వుండినప్పటికంటె ద్రవ్యము పెరుగుతుంది. ఆ వేడిమిని ఎర్గులలో లెక్కగట్టి 9×10^{20} చేత భాగిస్తే వస్తుంది పెరిగిన ద్రవ్యరాశి విలువ. ఈ పెరుగుదల బహుకొద్ది. కనక మన సున్నితపు త్రాసులకు కూడ అందక పోవచ్చును. కాని అది సిద్ధమే.

అయిన్‌స్టీను ద్రవ్యశక్తి సమతాసూత్రము (Principle of equivalence of mass and Energy) ద్రవ్యాన్ని శక్తిగానూ, శక్తిని ద్రవ్యముగానూ మార్చడము సాధ్యమన్న సంగతిని చెప్పింది. దీనితో, ద్రవ్యమూ శక్తీ - నీరూ ఆవిరి లాగ — ఒకటే పదార్థమని తేలినది. ఒక ఘనసెంటీమీటరు

నీరు ఆవిరిగా మారితే దాని పరిమాణము సుమారు 1700 రెట్లు పెరుగుతుంది. ఒక గ్రాము పదార్థము శక్తిగా మారితే అది 9×10^{20} ఎర్గుల శక్తిగా మారుతుంది. అయితే నీటిని ఆవిరిగా మార్చడానికి వెచ్చబెట్టాలని తెలిసినట్లు, ద్రవ్యాన్ని శక్తిగానూ శక్తిని ద్రవ్యముగానూ మార్చడానికి ఏమి చెయ్యాలో మనకు తెలియదు. ఇదివరకు ద్రవ్యమూ శక్తీ వేర్వేరు అనుకున్నప్పుడు అవి మారతాయా అన్న అనుమానమే కలగలేదు. అయిన్‌స్టీను ద్రవ్యమూ శక్తీ ఒక్కటేనని చెప్పి, వాటి మారకపు రేటుని కూడా కనిపెట్టి చెప్పిన తర్వాత ఏవైనా రసాయనిక క్రియలలో ద్రవ్యము శక్తిగా మారుతోందా అని గమనించి చూడడము ఎక్కువైంది. ఫ్రిష్, మీట్నర్ అనే వైజ్ఞానికులు యురేనియమును న్యూట్రానులతో కొట్టినప్పుడు అలాటి మార్పు జరిగినట్లు కనిపెట్టేరు.

అణుశక్తి

సృష్టిలో 92 మూలపదార్థా లున్నాయని రసాయనిక శాస్త్రజ్ఞులు కనుక్కున్నారు. ఈ పదార్థాల ధర్మాలను ప్రదర్శించగల కనీసపు కణానికి పరమాణువు అని పేరుపెట్టారు. ఈ పరమాణువులు కూడా విశ్లేషిస్తే విరిగేటివే. పరమాణువుకి (మొత్తముమీద) విద్యుదావేశము లేదు. [గాజు కడ్డీని రుద్దిన సిల్కురుమాలుకీ, గాజుకడ్డీకీ కూడా చిన్న చిన్న

కాగితపు ముక్కల్లాంటి పదార్థాల్ని ఆకర్షించే గుణము అలవడుతుంది. ఇదే విద్యుదావేశమంటే. గాజుకడ్డీ, దాన్ని రుద్దిన సిల్కురుమాలూ చేరివుంటే, ఆ చేరికకి విద్యుదావేశము లేదు. రెండూ వేరయితేనే వాటికి రెండంటికీ విద్యుదావేశము ఉండడము. సిల్కుతో రుద్దిన గాజుకడ్డీని వ్రేలాడదీసి, దాని (రుద్దిన) కొనదగ్గరకు అలాగే రుద్దిన ఇంకొక గాజుకడ్డీ కొనని తీసుకువెళ్ళితే ఆరెండూ వికర్షించుకుంటాయి. రుద్దడానికి ఉపయోగించిన సిల్కురుమాలును వ్రేలాడదీసిన గాజుకడ్డీ రుద్దిన కొన దగ్గరకు తీసుకువెళ్ళితే అవి రెండూ ఆకర్షించుకుంటాయి. సజాతీయధ్రువాలు వికర్షించుకుంటాయీ, విజాతీయధ్రువాలు ఆకర్షించుకుంటాయీ అన్న సూత్రాన్ని ఇక్కడ అన్వయింపజేసి, గాజుకడ్డీకి వున్న విద్యుదావేశాన్ని ధనవిద్యుదావేశమనీ, సిల్కురుమాలుకున్న విద్యుదావేశాన్ని ఋణవిద్యుదావేశమనీ అన్నారు. రెండూ చేరితే విద్యుదావేశము సున్న. పరమాణువు కూడా ఇట్లాంటి చేరికే. కనకనే అది తటస్థము (Neutral). కాని పరమాణువులో ధనావేశితమైన కేంద్రకమూ, దాని చుట్టూ దాని ధనావేశములకు సమానమైన ఋణావేశమును సమకూర్చగలిగినన్ని ఎలక్ట్రానులూ వుంటాయి. ఉదజని పరమాణువుయొక్క కేంద్రకానికి ఒక్క ధనావేశ ముంటుంది. దీనిచుట్టూ ఒక ఋణావేశమున్న ఎలక్ట్రాను తిరుగుతూ వుంటుంది. కనక

మొత్తముమీద ఉదజని పరమాణువుకి విద్యుదావేశముండదు. అది తటస్థము. హీలియము కేంద్రకము ద్రవ్యరాశి నాలుగూ, ధనావేశమూ రెండూను. కనుక హీలియము కేంద్రకములో రెండు ఉదజని కేంద్రకాలూ – అనగా ప్రోటానులూ – రెండు న్యూట్రానులూ - అనగా విద్యుదావేశము తటస్థమై పోయిన ప్రోటానులు - వుంటాయన్నారు. రెండు ప్రోటానుల ధనావేశానికీ సరిపడే, రెండు ఎలక్ట్రానులు కేంద్రకముచుట్టూ తిరుగుతూ వుంటాయి. కనుక మొత్తముమీద హీలియము పరమాణువు తటస్థమే. లిథియముకి మూడు ఎలక్ట్రానులూ, బెరీలియముకి నాలుగూ, బోరానుకి ఐదూ, ఇలాగ క్రమంగా 92 మూలపదార్థాలకీ ఎలక్ట్రానులు క్రమంగా హెచ్చుతాయి. ఎలక్ట్రాను లెన్ని వుంటే, కేంద్రకానికిధనవిద్యుదావేశాలు అన్ని వున్నట్లే. ఉదజనిలో కేంద్రకము ఒక్క ప్రోటాను; హీలియములో రెండు ప్రోటానులున్నాయి. ఇవి ధనావేశితములు కనుక వికర్షించుకుని విడిపోకుండా రెండు న్యూట్రానులు వీటిని కేంద్రకములో పట్టివుంచుతాయి. లిథియమూ, బెరీలియమూ, బోరానూ, కర్బనమూ – ఇలాగ పెద్దపెద్ద పరమాణువులకు పోతూన్నకొద్దీ కేంద్రకములలోని ప్రోటానుల సంఖ్య క్రమంగా పెరుగుతుంది, కాని న్యూట్రానుల సంఖ్య అంచీలు అంచీలు మీద పెరుగుతుంది. 92 వ పరమాణువు యురేనియములో కేంద్రకప్రోటానుల సంఖ్య 92, కాని న్యూట్రానుల సంఖ్య 146.

[రసాయనిక చైతన్యము (Chemical activity) అన్నది ఒక పరమాణువుయొక్క కేంద్రకము మీద కాక కేంద్రకానికి బయట నుండే ఎలక్ట్రానుల ఏర్పాటు మీద ఆధార పడుతుంది. ఏసాధనము వల్లనైనా పరమాణువు పొలిమేరలలోని ఎలక్ట్రానును ఒకదానిని ఊడగొట్టితే ఆపరమాణువు – ఒక్క ధనావేశమును అదనముగా మిగుల్చుకున్నట్టిది కనుక – మళ్లీ ఒక ఎలక్ట్రాను దానికి దొరికేవరకూ తిరుగుతుంది. అంత మాత్రమే గాని ఆపరమాణు తత్వమే మారిపోదు. ఒకవేళ కేంద్రక మేవిరిగిందనుకోండి. అప్పుడు కేంద్రకము ముక్కలు వాటికి మిగిలిన ధనావేశానికి తగినన్ని ఎలక్ట్రానులను కూర్చుకొని తత్వమే మారిపోయినవౌతాయి. అంటే కేంద్రకము విరిగితే పరమాణువే మారిపోతుంది అన్నమాట.] యురేనియము మీదికి న్యూట్రానులను విసిరితే, ఇవి విద్యుదావేశము లేని తటస్థకణములు కనుక ఆ పరమాణువు పొలిమేరలలో వుండే ఎలక్ట్రాను వలయాలలోనుంచి సులువుగా చొచ్చుకు పోయి కేంద్రకానికి తగులగలవు. వేరుశనగ కాయలలో కొన్నిటిలో ఒకటీ, కొన్నిటిలో రెండూ, కొన్నిటిలో మూడు గింజలుంటాయి. కాని అన్నిటినీ వేరుశనగ కాయలే అంటాము. ఇంచు మించు ఈరీతిగానే యురేనియము కేంద్రకాలు, 146, 145, 143 న్యూట్రానులతో మూడు భౌతికరకాలుగా వుంటాయి. (ఎలక్ట్రానులు మాత్రము ఈ మూడు రకాలకీ తొంభయి రెండేసే కనక, రసాయనికంగా ఈమూడు

యురేనియము కవలలూ ఒక్కలాగే కనబడతాయి. కవలలో వలెనే వాటి బరువులే వేరు). వీటి కేంద్రకముల బరువులు (146+92=)238, (145+92=) 237, (143+92=) 235 లతో చేర్చి 238 యు, 237యు, 235 యు అంటూ సూచిస్తారు. ఈయురేనియము కవల్లో 143 న్యూట్రానులు కేంద్రకంలో ఉన్న 235 యురేనియ రకము మహాకోపిష్టి. ఒక్క న్యూట్రాను దీని కేంద్రకానికి ఎక్కువగా చేరిందా, ఇది (జుట్టుపీక్కుని బుర్ర కొట్టుకుని) రెండు పెద్దముక్కలూ రెండు న్యూట్రానులూ గా విరిగిపోతుంది. అయితే ఈ రెండు ముక్కల బరువూ, రెండు న్యూట్రానుల బరువూ మొత్తమంతా చేరి అసలు యురేనియము కేంద్రకం బరువుకి సరిపోలేదు. (ద్రవ్యరాశి అనడానికి బరువంటున్నాను సులువుగా బోధపడుతుందని.) ఈవిచ్ఛేదములో కొంతద్రవ్యము లెక్కకి రావలసినది కానరాలేదు. అది శక్తిగామారి పోయి, యురేనియ కేంద్రక శకలాల్నీ న్యూట్రానుల్నీ ఆవేశించి విసిరేసింది.

అయిన్‌స్టీను చెప్పిన శక్తి=ద్ర$\times C^2$ సమీకరణాన్ని బట్టి మాయమైన ద్రవ్యము శక్తిగా మారిపోయినట్టుగా లెక్కలు వేస్తే యురేనియ కేంద్రకాలను ఆవేశించినశక్తి, కేంద్రకం నుంచి మాయమైన ద్రవ్యము విలువకి సరిగ్గా సరిపోయింది. యురేనియము (143+92=) 235 ను న్యూట్రానులతో కొట్టుతూ ముట్టడిస్తే ప్రతీ కేంద్రకమూ పగిలి రెండేసి ముక్కలై

కేంద్రకము కేంద్రకానికీ కొంత ద్రవ్యము శక్తిగా మారు తుంది ఇలాగ లభ్యముకాగలశక్తి ఒక్క కేంద్రకానిదైతే కొంచెమేగాని, 235 గ్రాముల యురేనియముదైతే (6×10^{23} పరమాణువులది) ఒక మహానగరాన్ని మాడ్చివేయడానికి చాలు. జపానులోని హిరోషిమా, నాగసాకి నగరాల్ని అమెరికనులు అలాగే తగలబెట్టారు. అయితే ఇక్కడ మనపని యాటంబాంబు నిర్మాణాన్ని పరిశీలించుకోవడము కాదు. అయిన్‌స్టీను ద్రవ్యము శక్తిగా మారగలదనీ, ఆ మారకపు రేటు 1 గ్రాము$=9\times10^{20}$ ఎర్గులనీ, సూచించిన సంగతులు నిజమైనాయని చెప్పడమే. క్రమంగా యురేనియమునేకాక, ప్లూటోనియమువంటి పరమాణువులను ఛేదించినప్పుడుకూడా ద్రవ్యము శక్తిగా మారుతుందని గుర్తించారు.

శక్తికూడా ద్రవ్యముగా మారగలదని నిరూపిస్తేనేగాని అయిన్‌స్టీన్ సూత్రము తిరగా మరగా నిజమేనని నిరూపించి నట్లవదు. ఏండర్సను అనే వైజ్ఞానికుడు రెండులక్షల యాభై వేల ఎలక్ట్రాను వోల్టుల శక్తిగల గామాకిరణాల్ని సీసపుపలక లోంచి ప్రసరింపజేశాడు. ఆ పలకకు దిగువ వైపునుంచి రెండు ఎలక్ట్రానులు లక్షా యాభై వేల ఎలక్ట్రాను వోల్టులశక్తితో బయటకివచ్చాయి. అంటే లక్ష ఎలక్ట్రాను వోల్టుల శక్తి మాయ మైంది సీసపు పలకలో. మరి రెండు ఎలక్ట్రాను లెక్కడివి? ఈ రెండింటి ద్రవ్యమూ చేర్చి, శక్తి$=$ద్ర$\times C^2$ సమీకరణము ప్రకారము శక్తిగా మార్చితే ఒక లక్ష ఎలక్ట్రాను వోల్టులైంది.

అంటే, సీసపు పలకలో లక్ష ఎలక్ట్రాను వోల్టుల శక్తి రెండు ఎలక్ట్రాను (ద్రవ్య) కణములుగా మారిందన్నమాట. శక్తి ద్రవ్యముగానూ మారుతుందీ, ద్రవ్యము శక్తిగానూ మారుతుంది. అయిన్‌స్టీన్ సాపేక్ష వాదాన్ని ప్రసరించి కనుక్కున్న ఫలితాలన్నీ ప్రయోగమూలకంగా నిరూపణ అయినాయి.

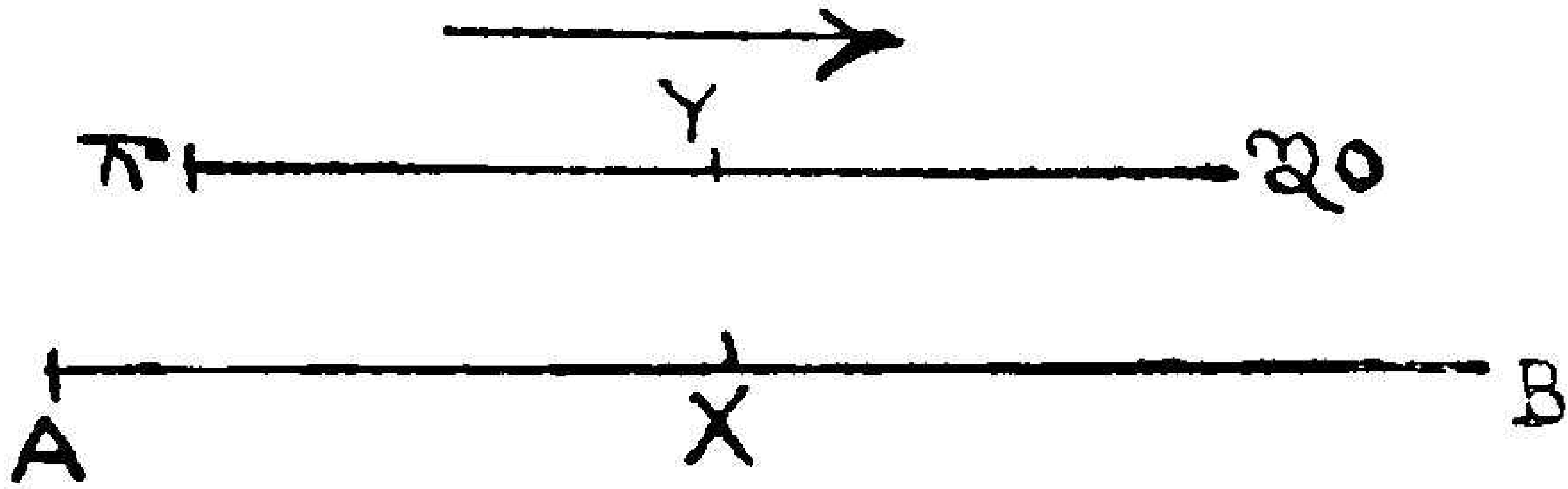
౩. సా పే క్ష త

సాపేక్షతావాదమువల్ల తెలియవచ్చిన వింత ఫలితాల్ని పరామర్శించుకుంటూ దారితప్పి సుదూరము వచ్చాము. మనము ప్రారంభించినది "చలనము సాపేక్షము" అన్న అభిప్రాయంతో. "కదిలింది" అంటే 'ఒక చోటునుంచి కదిలింది' అని అర్థము. స్టేషనులో రెండు రైళ్లు సమ వేగంతో ఒకేవైపు సాపేక్షంగా కదిలేయి అనుకుందాము. ఒక రైల్లో వారికి రెండో రైలు నిశ్చలంగానే వున్నట్టు కనబడుతుంది. స్టేషనులోనివారికిసాపేక్షంగా రెండు రైళ్లూ కదులుతూనే వున్నాయి. కాబట్టి గమనము అన్నది ప్రేక్షకునకు సాపేక్షముగా గోచరించే చలన స్థితి.

కొలత బద్దలూ, సెకనులూ కూడా మన (గమన) పరిస్థితిని బట్టే వుంటాయి. రాకెట్టులో (ఒక దిక్కుకి) పోయేవాని కొలతలనుబట్టి మన మీటరు కుంచించుకుంటుందీ, మన సెకను పొడుగౌతుంది. మనకు ఈ రెండూ మామూలుగానే వుంటాయిగాని వాని కొలతబద్దా సెకనూ మారి కనబడ

తాయి. అయితే ఇందులో ఎవరిది సత్యమూ? అన్న ప్రశ్నకు తావే లేదు. వారి దృష్టికి అది నిజము, మన దృష్టికి ఇది నిజము. మన కొలతలు మన పరిస్థితులమీద ఆధారపడతాయి. కొలతలూ సాపేక్షములే నన్నమాట.

"ఒక క్షణంలోనే అవి జరిగేయి" అని మనము చెప్పే అవకాశాలు జీవితంలో చాలా వస్తాయి. ఈ సమకాలికత



కూడా సాపేక్షమే అని నిరూపించడానికి అయిన్‌స్టీను ఇచ్చిన ఉదాహరణము చాలా చిత్రంగా వుంటుంది. AB అన్నది రైల్వేస్టేషను యొక్క ప్లాటుఫారము. మీరు X అన్నచోట నిలబడి ఉన్నారు. రైలు సమాన వేగంతో మిమ్మల్ని దాటి వెళ్తున్నది. రైలుయొక్క మధ్యబిందువు Y మీకు ఎదురుగా ఉన్నక్షణంలో ఇంజను డ్రైవరుమీదా, గార్డుమీదా పిడుగులు పడి వారిద్దరూ చచ్చిపోయారు. మీరు "రెండిటిమీదా ఒక సారే పడ్డాయి యీపిడుగులు, వారిద్దరూ ఏకకాలంలో చచ్చి పోయా" రంటారు. Y దగ్గర రైలులో నిలబడ్డ మనిషి కుడి వైపు కదులుతూండడము వల్ల ఇంజనుమీద పడిన మెఱుపు వాడికి ముందుగా కనపడి, ఆ తరువాతనే గార్డును చంపిన మెఱుపు వాడి కంటికి అందుతుంది. కనక వాడు "ఇంజనుమీద

ముందుపడింది పిడుగు ; తరువాతనే గార్డుమీద ” అంటాడు. కోర్టులో వూ వాడూ సాక్ష్యము చెప్పారు. జడ్జీ ఎవరి సాక్ష్యము నమ్మాలి? రైల్లో ఉన్నవాడి సాక్ష్యమా? ప్లాటు ఫారముమీది వాడి సాక్ష్యమా? ఏది నిర్దుష్టమూ? చెప్పడానికి అవకాశములేదు. వారికి అది నిజమూ, వీరికి ఇది నిజమూనూ. సమకాలికత కూడా సాపేక్షమే. మన కొలతలూ పరిశీలనలూ సాపేక్షములు, మనపరిస్థితులపైని ఆధారపడతాయి అవి.

అయితే మనము కొలిచి ఏంప్రయోజనమూ? మీకొలతలు మీవి, నాకొలతలు నావి, “ఎవరికి వారే యమునా తీరే” అన్నట్టున్నాయా వైజ్ఞానికుల అవేక్షణ (observations) లూ? కాదు. మనమందరమూ భూమిమీదివారము. ఒకరికొకరము సాపేక్షంగా స్థిరంగానే వున్నాము. మనము రైల్లోనో ఎరోప్లేనులోనో గమిస్తూనే వున్నప్పుడు కూడా అంతపాటి గమనము వల్ల దాపురించే మార్పులు పై ఉదాహరణములో కనిపించేటంత తిరకాసుగా ఉండవు. అయితే “సృష్టికంతటికీ వర్తించే కొలతలుకావు మనవి. ఎంత నిర్దుష్టముగా చేసినా సాపేక్షత ఆకొలతలను ఆవరించే వుంది” అన్నసత్యమును భాసింప చెయ్యడానికే ఈవివరణ.

మరి విజ్ఞానము అంతా సాపేక్షమేనా? అని నిరుత్సాహపడితే “భౌతిక సూత్రాలు అన్నీ, సమాన సాపేక్షగమనం కల సంస్థల కన్నిటికీ సమాన రూపములే” అని సాపేక్షతావాదము కొంత ధైర్యము చెపుతుంది. కొలతలూ, దూరాలూ

సెకనులూ గమన పరిస్థితుల్ని బట్టివేరు కావచ్చును కాని భౌతిక సూత్రాలన్నీ, ఒక దానికొకటి సాపేక్షంగా స్థిరంగా వున్న సంస్థలకున్నూ సాపేక్షంగా సమానవేగంతో గమిస్తూన్న సంస్థలకున్నూ సమాన రూపంతోనే వర్తిస్తాయి. ఈసత్యాన్ని పట్టుకుని మనం వేర్వేరు వ్యక్తుల కొలతలను వారివి వీరికొలతలుగా సరిదిద్దుకో వచ్చును అవసరముంటే.

అయిన్‌స్టీను మొదట గుర్తించి నిరూపించిన దింత మాత్రమే. ఆయత్నఫలితమైన భౌతిక సూత్రాల సమాన వర్తనము (సాపేక్షనిశ్చలతా, సాపేక్షసమాన ఋజుగమన మూ గల) జడసంస్థలకు మాత్రమే బద్ధము కనుక, మనము ఇంతవరకూ పరిశీలించుకున్న పకృతి సూత్రముల సాపేక్షత జడసంస్థలకే పరిమితమన్నమాట. ఈ భౌతిక సూత్ర సాపేక్షతా వాదము "పరిమిత సాపేక్షతా వాదము" (Restricted theory of Relativity). దీనిని నిర్మించిన తరువాత అయిన్‌స్టీను, ప్రకృతి సూత్రములన్నవి సర్వ సంస్థలకూ వర్తించేటివి కావాలి గాని జడసంస్థలకు మాత్రమే వర్తించేటి వైతే ఏమైనట్టూ? అని ఆలోచించి, భౌతిక సూత్రాల రాజ్యాన్ని విశాలము చెయ్యడానికి యత్నించాడు. ఆయత్నానికి ఫలితమే సార్వత్రిక సాపేక్షతా వాదము (General theory of relativity).

భౌతిక సూత్రాలు జడసంస్థలకు సాపేక్షంగా మారడము లేదు. కనుక భౌతిక సూత్రాల వర్తనమే ఆధారము చేసుకుని

జడసంస్థలలోనివారు తమ గమనాన్నిగాని నిశ్చలతను గాని గుర్తించుకోలేరు. కాని త్వరణము (Acceleration) గల సంస్థలలోనివారు తమ వేగవృద్ధినిగాని వేగక్షయాన్నిగాని తెలుసుకోగలుగుతున్నారు. భౌతిక సూత్రాలు సమంగా వర్తించే జడసంస్థల రాజ్యంలోనివారు తెలుసుకోలేని స్వీయ గమనాన్ని త్వరణము కల్పించే సంస్థలలోనివారు తెలుసుకో గలుగుతున్నారంటే ఏమన్నమాటా? భౌతిక సూత్రాలు త్వరణమున్న సంస్థలలో మడతపడుతున్నాయీ, ఆ మడతను బట్టి ఆ సంస్థలలోని వారికి తమ గమనము తెలుస్తోంది అన్న మాట. కుదుపు లేకుండా ఋజురేఖలో ప్రయాణించే రైలులో కూర్చున్నవారు తమ గమనస్థితిని ఎరక్కుండానే వుంటారు. రైలుకు త్వరణము కలిగి దాని వేగము ఎక్కువో, తక్కువో, దిక్కుమారడమో, అయితే దానిలోని ప్రయాణీకులు వెనక్కో, ముందుకో, పక్కకో పడి తాము కదిలేరైలులో వుండినామని తెలుసుకుంటారు. త్వరణము వారిని పడత్రోసే టంత పెద్దది కాకపోయినా, చూరుకు కట్టిన లోలకము వాలడమువల్లనో, నిండుగ్లాసులోని పాలు ఒలకడమువల్లనో వారికి తాము గమిస్తున్నట్టు తెలుస్తుంది. ఈలోలకము వాలడమూ, పాలు అంచుదాటి కదిలిపోవడమూ వంటివే — అంతవరకూ సమంగా నడచిన ప్రకృతిసూత్రాల మడతలు. త్వరణము కలిగిస్తోంది ఈ వికృతిని. సృష్టిలో ఖగోళాలన్నిటి చేరువనా త్వరణము కలుగుతోంది. భూమీ యితర గ్రహాలూ

సూర్యుడిచుట్టూ తిరుగుతున్నప్పుడూ, మేఘంలోని నీరు భూమివైపు పడిపోతున్నప్పుడూ, ఒక కొండ పార్శ్వంలో వేలాడగట్టిన లోలకను కొండవైపు మొగ్గినప్పుడూ త్వరణమే భాసిస్తున్నది. ఇది ఎందువల్ల వచ్చినదీ అంటే "గురుత్వాకర్షణవల్ల" నన్నాడు న్యూటను.

ఇదిగో ఈ గురుత్వాకర్షణ ఒకటే! మన విశ్వమంతా చక్కని కట్టుబాట్లతో వెలసిన మహాక్షేత్రము. దీనిలో అక్కడా అక్కడా ద్వీపములవలె ఖగోళములు. ఇవి ఒకదాన్ని ఒకటి లాగుతున్నాయా? ఎందుకు లాగాలీ? ద్రవ్యమూ శక్తీ ఒకటే. విశ్వమంతా ద్రవ్యగోళాలు - అంటే శక్తికి రూపాంతరాలు - విస్తరించి వున్నాయంటే వాటి చుట్టూ ఏదో వికృతి ఆవరించి వుండవచ్చు, ద్వీపాల చుట్టూ మెరక లాగ! మరి గురుత్వాకర్షణ అనగా ఏమిటి? లాప్లాసు అది వెల్తురుకంటె ఎన్నోరెట్లు వేగంతో ప్రసరిస్తుందంటాడే, భౌతికవేగాలు వెల్తురు వేగాన్ని దాటలేవు; మరి ఇది ఎలాగ దాటగలదూ?

ఇలాటి అనుమానాలు మనసులో కిక్కిరిసి, విశ్వాన్నంతటినీ ఒక ఏకైక క్షేత్రవాదపు గొడుగునీడకి తేవాలని అయిన్‌స్టీను చాలా పరిశ్రమ చేశాడు. ఒక పుష్కరము అయితేగాని ఈ సమస్య విడింది కాదు. అప్పుడేనా పూర్తిగా విడలేదు. విద్యుదయస్కాంతిక శక్తులూ, అణువులూ, వాటి ధర్మాలూ, శక్తికణవాదమూవంటి వెన్నిటినో ఆకళించుకుని

విశ్వైక్యతావిభూతిని మెఱపించవలసిన ఏకైక క్షేత్రవాద మింకా కడ తేరవలసే వున్నది. అయితే అయిన్‌స్టీను పట్టినదే ఈనాటివారికి తడిసిమోపెడు. దాన్ని ఏకొంచెమో సూచిస్తాను. మొట్టమొదట గురుత్వాకర్షణ తత్వాన్ని గమనిద్దాం.

౬. గురుత్వాకర్షణము

భూమీ ఇతర గ్రహాలూ ఋజురేఖలో సాగిపోక సూర్యుడి చుట్టూ తిరుగుతున్నాయి. పౌర్ణమినాడూ, అమావాస్యనాడూ సముద్రము పొంగుతుంది. చెట్టును వదలిన పండు భూమివైపు పడుతుంది. విశ్వములో ఏ రెండు వస్తువులైనా ఒకదాన్ని ఒకటి లాగుకుంటాయనీ, పై దృశ్యాలు అలాటి గురుత్వాకర్షణ ఫలితములే అనీ న్యూటను ఉద్ఘాటించాడు. సృష్టిలోని దృశ్యాల్ని ఎన్నిటినో వ్యాఖ్యానించి వివరించినప్పటికీ, ఈ గురుత్వాకర్షణయొక్క తత్వము వైజ్ఞానికులను మొదటినుంచీ బాధపెట్టిన సమస్య. రెండు ద్రవ్యరాసుల నడుమ వాటి ద్రవ్యరాసులు గుణించినలబ్ధానికి సమ సంబంధములోనూ వాటి దూరపు వర్గమునకు విలోమ సంబంధములోనూ వుంటుందట గురుత్వాకర్షణశక్తి. భూమిపైని ఒక రాయిని ఎత్తునుంచి వదిలేస్తే అది మొదటి సెకను చివర 32 అడుగులు చొప్పునా రెండో సెకను చివరకి 64 అడుగుల చొప్పునా మూడో సెకను చివర 96 అడుగుల

చొప్పునా ప్రయాణించగల వేగాన్ని సాధిస్తుంది. ప్రతీ సెకను లోనూ సెకనుకి 32 అడుగుల చొ॥ వేగము పెరుగుతోంది. వేగముయొక్క పెరుగుదల గురుత్వాకర్షణ మున్న చోటనల్లా వుంటుంది.

దీని స్వభావమేమిటీ? అని ఆలోచించాడు అయిన్‌స్టీను. వస్తుతత్వముతో ప్రమేయము లేకుండా - కర్ర, బెండు, సీసమూ, దూదీ - ఏ పదార్థానికేనా సరే ద్రవ్యరాశి సమానముగా వుంటేచాలు గురుత్వాకర్షణమన్నది ఒకే వేగ వృద్ధిని - త్వరణమును - కలిగిస్తున్నది. ఒక వస్తువుయొక్క సాంద్రతను బట్టిగానీ, అణు నిర్మాణాన్ని బట్టిగానీ, ఇంకొక తత్వాన్నిబట్టిగానీ ఉండక కేవలము ద్రవ్యరాశి ప్రమాణ మును బట్టి - అనగా వేగవృద్ధిని నిరోధించే బద్ధకాన్నిబట్టి - గురుత్వాకర్షణము ఉండడము ఒక చిత్రము. పై చూపుకి గురుత్వాకర్షణము అయస్కాంతముల ఆకర్షణ శక్తినీ, విద్యుదావేశముల ఆకర్షణ శక్తినీ పోలివున్నట్టు కనబడుతుంది. ఆ ఆకర్షణలుకూడా ఆవేశములు గుణించిన లబ్ధానికి సమ సంబంధములోనూ మధ్య దూరపు వర్గమునకు విలోమ సంబంధములోనూ ఉంటాయి. అయితే అయస్కాంతాలు ప్రత్యేక వస్తువులనే—ఇనుమూ, కోబాల్టూ, నికెలూ అనే లోహాల్నే ఎక్కువగా ఆకర్షిస్తాయి. విద్యుదావేశాలు విద్యుదావేశిత వస్తువులనే ఆకర్షిస్తాయి.

ఈ గురుత్వాకర్షణమన్న దానికి మాత్రము పేడా బెల్లమూ ఒకటే. తక్కెడ పళ్లెములలో అవిసమానంగా

తూగితేచాలు. అంటే వాటి ద్రవ్యరాశి సమానంగా వుంటే చాలునన్నమాట, వాటిమీది గురుత్వాకర్షణ ఒక్కటే. ద్రవ్యరాశి అన్నది ఒక వస్తువు బద్ధకాన్ని – కదలకుండా వుండాలనే బద్ధకాన్నీ, కదిలి వున్నట్టైతే ఒకేదిక్కుకు ఒకే వేగంతో పోతూఉండాలన్న బద్ధకాన్నీ కలిగిస్తుంది అంతే. మరి అయితే ఈబద్ధక ప్రమాణము మీాద ఆధారపడే గురుత్వాకర్షణము, మనుష్యుల భయముమీాద ఆధారపడు తుందని మనవారు అనుకునే పిశాచావేశము వంటిదేకదా ?

అయస్కాంతముచుట్టూ దాని ఆకర్షణశక్తి విస్తరించివుండే మేర, అయస్కాంతక్షేత్రము ఉంటుంది. చిన్నసూదంటు ముల్లుతో ఈక్షేత్రమును సర్వేచేసుకోవచ్చును. విద్యుదాకర్షణ క్షేత్రము (Field of electric attraction)ను కూడా సర్వే చేసుకోవచ్చును. అయస్కాంతిక క్షేత్రములోగాని విద్యుత్ క్షేత్రములోగాని ఒకగుల్లగోళము(hollow sphere)ను వుంచి నట్లైతే, ఆగోళము లోపలి వస్తువుల మీాది ఆకర్షణ శక్తి గోళాన్ని తీశేశి నప్పటి ఆకర్షణ శక్తి కంటె తగ్గుతుంది. అంటే ఏమన్నమాటా ? గోళము యొక్క గోడలోనే అయ స్కాంత శక్తి ప్రసరించి, గోళము నడుమనున్న వస్తువుల పైన ప్రసరించలేక పోతున్నది అన్నమాట. ఆకర్షణ శక్తి క్షేత్రము అన్నది - అయస్కాంతికము కానీ, విద్యుత్సంబంధి కానీ, - వాహకపదార్థముల లోనే ప్రసరించి, వాహకవస్తువు

మీదిపక్షపాతమును వ్యక్తముచేస్తూనే వుంటున్నది. గురుత్వాకర్షణమునకు మాత్రము వాహక పక్షపాతమన్నదే లేదు. పెద్ద గోళములో వ్రేలాడుతూ వున్న వస్తువులను కూడా "గురుత్వాకర్షణము (gravitation)" లాగుతూనే వుంటోంది! గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రమంటూ నర్వే అక్కరలేదు. ఒక వస్తువు కేంద్రంనుంచి ఎటువైపు ఋజురేఖ గీసినాసరే ఆగీత వెంబడి గురుత్వాకర్షణము ఇతరవస్తువుల్ని లాగుతూనే వుంటుంది! 'గురుత్వాకర్షణానికి' బండసత్తు మాత్రమే వుంది, గుణాలు ఏవీలేవు!

అయస్కాంతము ఏ సాధనాలవల్ల ఇనుపముక్కను ఆకర్షిస్తుందీ అని అడిగితే చక్కని జవాబున్నది. అయస్కాంతపు ఆకర్షణశక్తి రేఖలు కొన్ని చేరి శక్తి నాళములుగా ఏర్పడతాయి అనుకోవచ్చును. ఈ నాళాలు పొడుగునా కుంచించుకుంటాయీ, పక్కలనున్న నాళాల్ని వికర్షిస్తాయి. ఒక అయస్కాంత ధ్రువమునుంచి ఇంకొక అయస్కాంత (విజాతీయ) ధ్రువమునకు ప్రసరించే శక్తిరేఖలు - శక్తి నాళాలు - పొడుగు వెంబడిని సాగతీసిన రబ్బరు తాడువలె కుంచించుకుంటాయి. అంటే ఆరెండు ధ్రువాలూ ఆకర్షించుకుంటాయి అన్నమాట. ఈ శక్తినాళాలు - వాహక పదార్థము లభ్యమైనప్పుడు దానిలోనుంచి సులువుగా ప్రసరిస్తాయి. ఆపదార్థము నడుమ కాళీవున్నట్లైతే ఆ కాళీలో ఈ శక్తినాళాలు లేకపోవడము వల్ల అక్కడ అయస్కాంత శక్తే వుండదు. గురుత్వా

కర్షణ మనేదానికి ఇలాటిదేమీ చెప్పడానికి వీలులేదు; "అది పనిచేస్తుందంతే" అనాలి. వస్తువులను లాగడానికి ఏ దారాలు, ఏ సూత్రాలు, ఏ రేఖలు, ఏనాళాలు సహాయపడతాయీ? అంటే ఎవరికీ తెలియదు. అయస్కాంత క్షేత్రానికీ, విద్యుదాకర్షణ క్షేత్రానికీ ఉన్న గుణాలు గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రానికి లేవు. ఆ రెండింటినీ చక్కగా నిబంధించిన శక్తి క్షేత్రవాదము (Field theory) నకు గురుత్వాకర్షణ కలసి రాలేదు.

ఈ సందేహాలు గురుత్వాకర్షణ ఉన్నదని న్యూటను చెప్పిన నాటినుంచీ ఉన్నవే. పోనీ అది లేనేలేదందామా అంటే 'గురుత్వాకర్షణకు ఫలితాలు ఇవీ' అని కేటాయించబడ్డ ఫలితాలకు మరొక కారణ ముండాలి; అది యిదీ అని చెప్పినవారు లేరు. అయిన్‌స్టీను చెప్పేడు! అయిన్‌స్టీను మహా మేధావి. తక్కిన వాళ్ళకుతట్టనిఊహాలు అతనికి యిట్టేతట్టుతాయి. గురుత్వాకర్షణము వస్తుతత్వముమీద ఆధారపడదని అందరూ గుర్తించారు. దూరముమీద ఆధారపడుతుందనీ గుర్తించారు అందరూ. అయితే అది వస్తువు గుణము కాదు, [ఒక (పెద్ద) వస్తువుచుట్టూవున్న] ప్రదేశముయొక్క గుణమన్నమాట అని అయిన్‌స్టీను అన్నాడు. ఒక వస్తువు చుట్టూవున్న ప్రదేశానికీ, వస్తువు లేనిచోట వున్న ప్రదేశానికీ తేడా వున్నదన్నమాట! ఏవస్తువూ లేనిచోట ప్రదేశములో వికృతేవుండదు. వస్తువు సమీపపు ప్రదేశములో ఏదో వికృతి - ఆ వస్తువుకు

చేరువగా పోయేకొలదీ హెచ్చేది - వున్నది. ఈ వికృతి ప్రభావాన్నే గురుత్వాకర్షణ ప్రభావ మంటున్నాము. ఆ వికృతిని లెక్కగట్టేడు అయిన్‌స్టీను. అత డుపయోగించిన టెన్సారు కుట్టక పద్ధతి అతిరథ మేథావులకుగాని బోధపడదట. అయితే గురుత్వాకర్షణము అన్న అభిప్రాయాన్ని తరుముకు పోయి మనకి బోధపడేరీతిగానే చెప్పిపెట్టాడు అయిన్‌స్టీను. ఆ వాదము గమనిద్దాము.

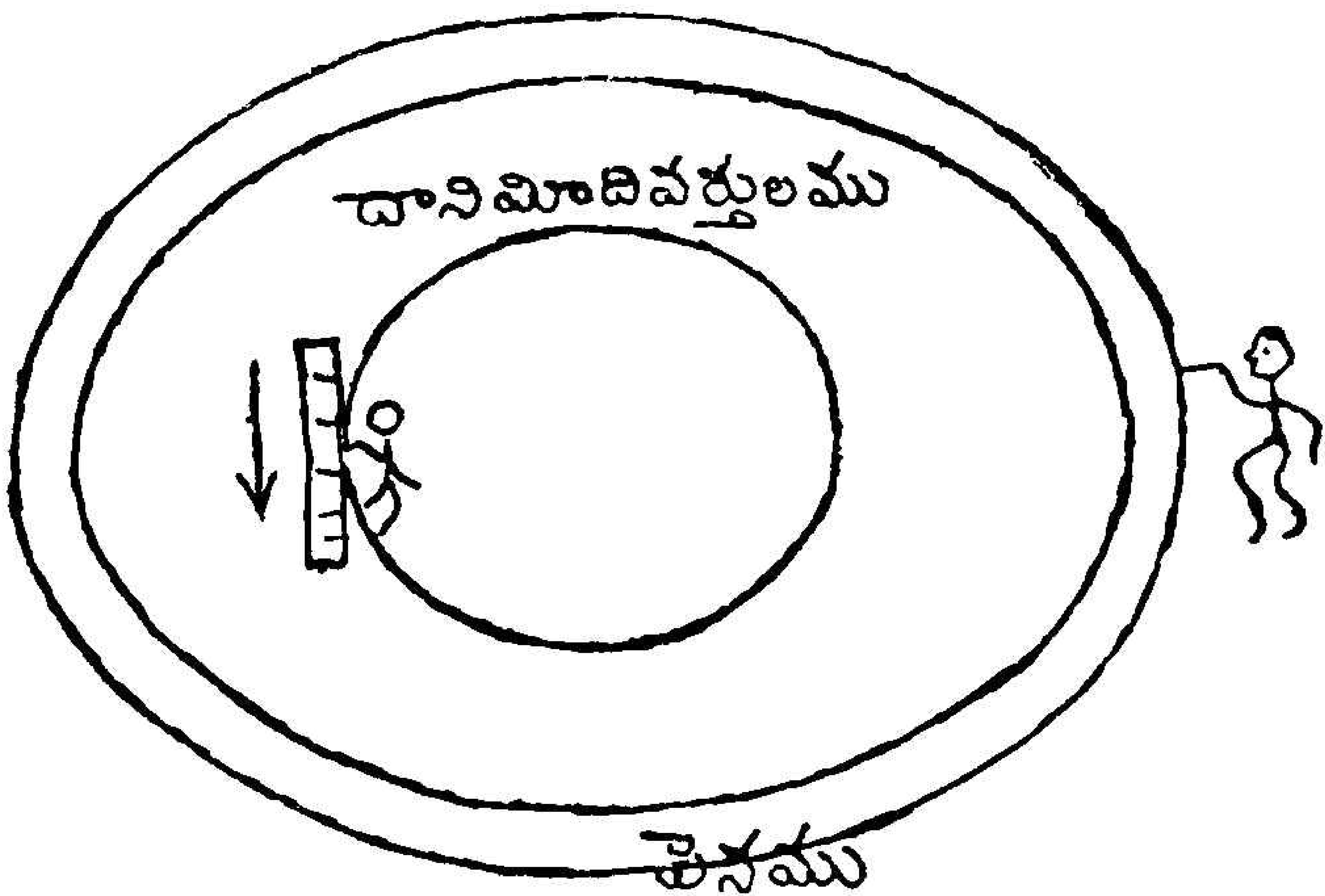
ఎక్కడో ప్రదేశాంతరాళంలో, నక్షత్రాలకు దూరంగా తలుపులు మూసేసిన గది ఉన్నదనుకోమన్నాడు అయిన్‌స్టీను. దానిలో ఒక వైజ్ఞానికుడు ఉన్నాడు. ఆ గది నడికొప్పుకి ఒక రింగూ దానికి పెద్ద తాడూను. ఎవరో ఆ తాడుపట్టి లాగుతున్నారూ, ఆ శక్తివల్ల ఆ గదికి త్వరణము - వేగవృద్ధి - కలుగుతోంది. వైజ్ఞానికుని శరీరము జడత్వమువల్ల - లిఫ్టులో పైకి లేస్తూన్న మన శరీరములాగ - దిగలాగుతుంది. గది నేల అతడిని పైకి ఎత్తుకుపోతూ వుంటుంది. తలుపులు మూసి వుండడమువల్ల అతడికి పై ప్రపంచం కానరాదు. అతని అనుభవము ఎలాంటిదీ ? అని ప్రశ్న వేశాడు అయిన్‌స్టీను. భూమి మీద తలుపులు మూసిన గదిలో మనమొక్కరమూ ఉన్నప్పుడు మన అనుభవ మేరీతిగా వుంటుందో అంతేఅదీను. మనలను భూమి దిగలాగుతోందనీ అందువల్ల మనకు బరువు సమకూడిందనీ, మన శరీరపుబరువు కాళ్లమీద ఆని అరికాళ్లను భూమివైపు ఒత్తుతున్నదనీ మనము అనుకుంటున్నాము. ఆ గదిలోని వైజ్ఞానికుడు పైకి లేచిపోయే గదియొక్క వేగ

వృద్ధిని నిరోధిస్తూ వ్యతిరేకమార్గంలో - అంటే ఆగది నేల వైపు - ఈడిగిలబడి ఒత్తిడిపడే తన శరీరము కేవలము బరువు వల్లనే ఆనొక్కుడును అనుభవిస్తోందనీ, తాను భూమిమీాది గదిలోనే వున్నాననీ అనుకుంటాడు. భూమిమీాదే ఉన్న వాడికీ ప్రదేశాంతరాళంలో ఎక్కడో, త్వరణము గల గదిలో వున్న వాడికీ అనుభవములో ఏమీా తేడా లేదు. భూమిమీాద ఉన్నదని న్యూటన్ చెప్పిన గురుత్వాకర్షణము ఆ త్వరణము కలిగించే అనుభవాన్నే కలిగిస్తోందన్నమాట. గురుత్వాకర్షణక్షేత్రము - గురుత్వాకర్షణము పనిచేసే క్షేత్రము - 'త్వరణక్షేత్రము' అనగా త్వరణమున్న క్షేత్ర మన్నమాట. "గురుత్వాకర్షణము క్షేత్రవికృతియొక్క ఫలితము" అని ఇందాకా అనుకున్నాము. ఆవికృతి ఏదుందో అది త్వరణక్షేత్రములో వచ్చే వికృతే అన్నమాట. త్వరణ మన్నది ఏ ప్రదేశంలో ఉన్నా అక్కడ గురుత్వాకర్షణము వంటి ప్రభావముంటుంది, అక్కడి ప్రదేశము వికృతిపొంది వుంటుంది. ఈవికృతి మనకు తెలిసిన ఉదాహరణలో పట్టి చూపేడు అయిన్‌స్టీను.

౭. తిరిగే పెనముమీది పరిస్థితులు

ఒకే పెద్ద పెనము (సర్కసులో నడిమిరంగములో బిగించబడి) భూమికి సమాంతరంగా గిర్రున తిరుగుతోంది అనుకోండి. దానిమీాద ఒక వైజ్ఞానికుడు కూర్చున్నాడు. అతడు ఒకసంస్థ.

ఆ పెనము అంచుదగ్గర నేలమీద నిలబడి వున్నాడు ఇంకొక వైజ్ఞానికుడు. ఇతడు ఇంకొక సంస్థ. పెనముమీద ఉన్నవాడికి తానే తిరుగుతున్నాడో లేక చుట్టూరా ఉన్నవారే తిరుగుతున్నారో నిశ్చయముగా తెలియదు. పూర్వులు, గ్రహాలూ, నక్షత్రాలూ సూర్యచంద్రులూ భూమిచుట్టూ తిరుగుతున్నాయనుకొన్నట్లు అతడు తానే స్థిరంగా వున్నాననీ తక్కినవారే తిరుగుతున్నారనీ అనుకోవచ్చును. బయటివారంతా ఆ పెనము మీదివాడే తిరుగుతున్నాడనుకోవచ్చును. అయితే పెనము గిరున తిరుగుతూన్నప్పుడు పెనముమీది వస్తువులను కేంద్రాపసారి బలము (Centrifugal force) పెనము కేంద్రానికి విముఖంగా విసురుతుంది. బలము విసురుతుంది



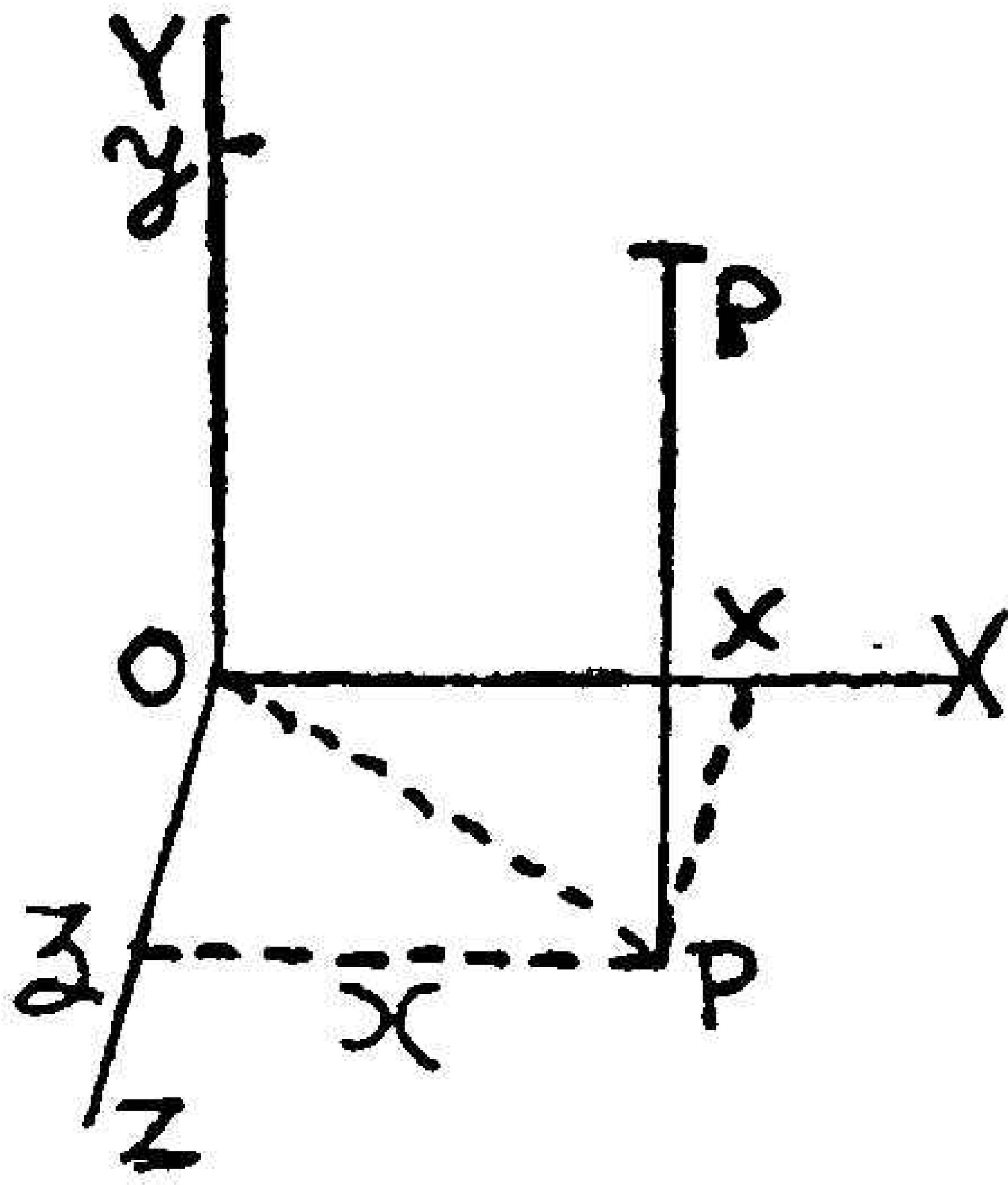
(అనడముకంటె వానికి కేంద్రాపసారి త్వరణము (acceleration) కలుగుతుందనడము వాస్తవానికి దగ్గర.

ఈ పెనమును పట్టి అయిన్‌స్టీను గొప్ప గొప్ప తీర్మానాలు చేశాడు. దీని మీాది వైజ్ఞానికుడు అపెనము మీాద గీసిన వర్తులము యొక్క పరిధినీ, వ్యాసమునూ కొలిచి వాటి సంబంధాన్ని సోదా చూడబోతున్నాడట. ఆవర్తులము యొక్క వ్యాసాన్ని కొలువ బోతూన్నప్పుడు కొల్తబద్ద పెనముతో గిర్రున తిరుగుతుంది కనక దానిపొడవు మారినట్టు కానరాదూ - వ్యాసముయొక్క కొలత పెనమునకు దూరముగా వున్న రెండో వైజ్ఞానికుని దృష్టిలోకూడా సరీగ్గానే వస్తుంది. గమనము వల్ల ఆ కొలబద్ద కుంచించుకున్నట్టు తోచదు. వర్తులము పరిధిని కొలిచేటప్పుడు మాత్రము కొలబద్దపొడవు వర్తులము పరిధి వెంబడి జరుగుతూ, బయటవున్న వైజ్ఞానికుని చూపుకి లంబముగా జరుగుతూ వున్నప్పుడు - అతని దృష్టిలో - కుంచించు కున్నట్టు కనబడుతుంది. ఇందువల్ల పరిధి కొలతతగ్గి కనబడుతుంది కనుక పైనున్న వైజ్ఞానికుని దృష్టిలో, పెనము మీాది ఒకవర్తులము యొక్క పరిధికీ వ్యాసానికీ గల నిష్పత్తి π కాదు ! అంతకంటె తక్కువ ! తిరిగేపెనము మీాది పరిస్థితులు మనక్షేత్రగణితాన్ని అవలంబిస్తున్నట్లు లేవు ! ఇక వాచీల సంగతి చూడండి. ఆవర్తులము యొక్క వ్యాసార్థము (radius) పొడుగునీ వాచీలు పేర్చి

పెట్టాడనుకొండి పెనముమీాది వైజ్ఞానికుడు. ఈ వైజ్ఞానికుని దృష్టిలోనే, కేంద్రము కడనుంచిన వాచీకంటె పరిధికి చేరువగా నుంచిన వాచీ జోరుగా గిరగిర తిరగడమువల్ల నెమ్మదిగా నడిచినట్లు కనబడుతుంది (కేంద్రం నుంచి పరిధికి వేగము హెచ్చుతోందికదా క్రమంగా!) అంటే ఏమయిందో చూసు కోమన్నాడు అయిన్ స్టీను. తిరిగే పెనముమీాద,- అంటే కేంద్రాపసారి బలమున్న క్షేత్రాలలో - మన పొడవులూ అంతరాలు మడతపడి పోతాయన్న మాట గుర్తించ మన్నాడు. గురుత్వాకర్షణమున్న చోటా అంతే అన్నాడు. గురుత్వాకర్షణము కేంద్రాభిముఖమే, కేంద్రాపసారికాదు. కాకపోతే నేమి? అది కేంద్రానికి విముఖమూ, ఇది కేంద్రా నికి అభిముఖమూను. గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రాలలో కొల తలూ, కాలప్రమాణాలూ మారిపోయి క్షేత్రగణిత సిద్ధాం తాలు తారుమారయి పోతాయనడానికి ఆక్షేపణలేదు కదా?

౮. కాలాంతరాళము.

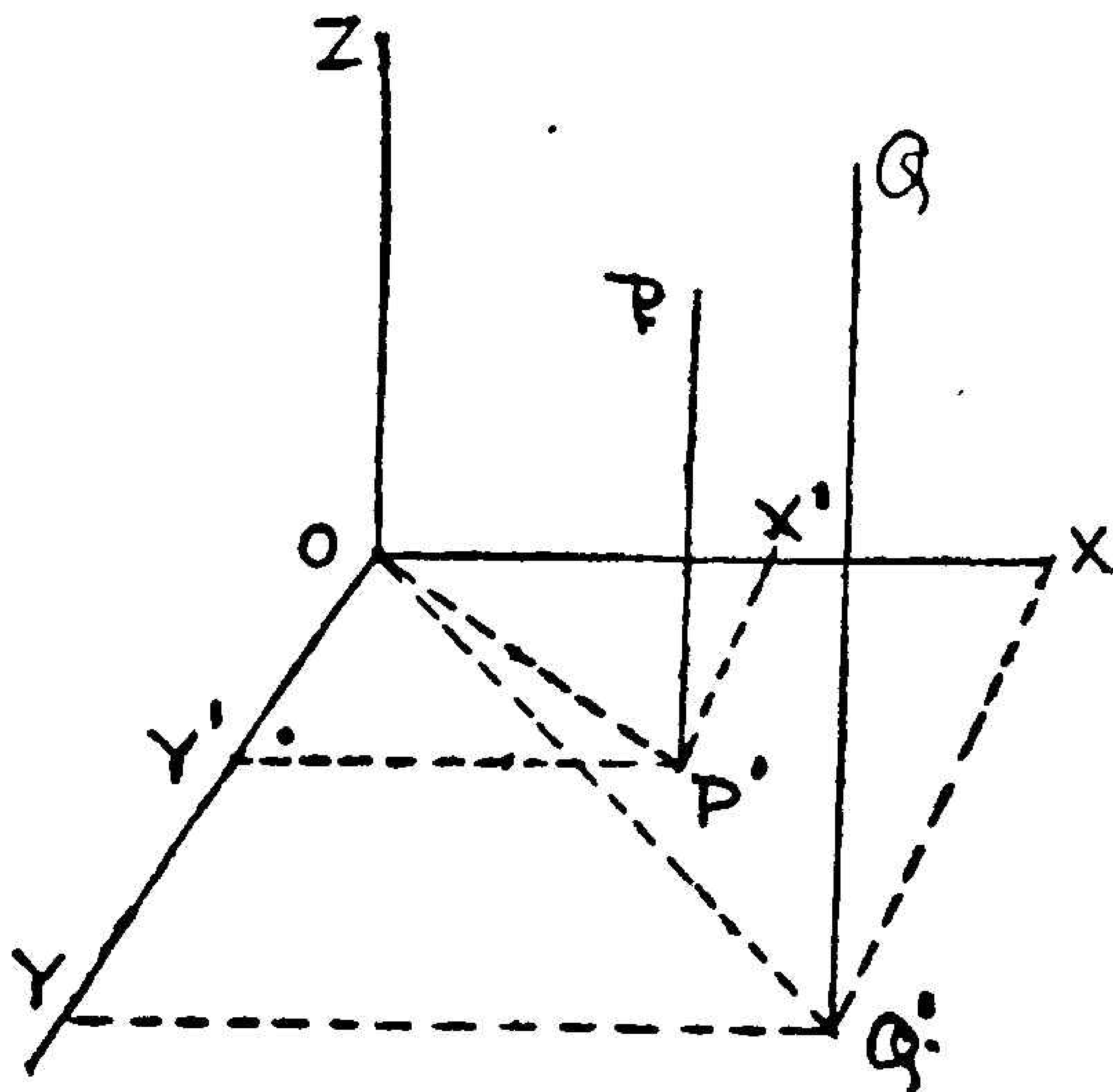
కొలతలూ, కాలప్రమాణాలూ మారిపోతాయి అన్నది నమ్మకాల మన పాదాల క్రిందినేలను తవ్విపారవేసే తీర్మా నము. మనము నేర్చుకున్నది యూక్లిడు క్షేత్రగణితము. ఏదైనా ఒక బిందువు 'P' (point) యొక్క స్థలము నిర్దేశిం చాలంటే దానికి సమీాపాన ఉన్న ఇంకొక బిందువు 'O' ను



నిర్ణయించుకుని, ఆబిందువు కడ ఒకదాని కొకటి లంబముగా వున్న OX, OY, OZ అక్షములను నిలబెట్టి, P యొక్క స్థాన నిరూపకాలు OX, OY, OZ లని నిర్ణయిస్తాము. మన లెక్కకి ఈ మూడు కొలతలూ చాలు. అయితే మనమున్న అంతరాళము(Space)ను, ఈ మూడు అక్షములను నిల్పి నిర్దేశించిన యూక్లిడు విజ్ఞాని వస్తువులయొక్క నిశ్చలత్వమునే గమనించి ఉండినాడు కాని, వాటి కదలికను గమనించలేదు. కనుకనే చలనము జరుగుతూన్నప్పుడు గుర్తించవలసిన కాలమునకు అతడు అక్షము (Separate axis)నే ప్రత్యేకించలేదు. జాగ్రత్తగా చూస్తే మన జగత్తు బిందువుల జగత్తుకాదు; ఘటనల జగత్తు. పుట్టినదగ్గరనుంచి గిట్టేవరకూ ఘటనలనే మనము గుర్తించేది. ఘటనలలో ప్రదేశనిర్దేశము మాత్రమే కాక కాలనిర్దేశము కూడా వుంటుంది. కాలనిర్ణయముచేయని ప్రదేశనిర్ణయము మనవ్యవహారానికి పనికిరాదు. చిన్న ఉదాహరణ; ఒక గదిలోని చిన్న పురుగు జీవితమును పరిశీలించవలెనంటే, గదికి ఒకమూల కలిసే పొడవూ, వెడల్పూ, ఎత్తూ అక్షములనుబట్టి దాని చలనమును సూచించే గీత గీస్తేమాత్రము చాలదు. ఆ పురుగు ఈక్షణానికి

ఇక్కడ, ఇంకొక క్షణానికి అక్కడ అని తెలియడానికి ప్రదేశాన్ని నిర్దేశించే మూడు నిరూపకాలకు తోడు కాలసూచకమైన నిరూపకాలూ చెప్పవలెను. అంటే మనమున్న అంతరాళము మూడుకొలతల ప్రదేశాంతరాళము మాత్రమే కాదు. నాలుగు కొలతల కాలప్రదేశ అంతరాళ మన్నమాట. కాలమంటూ ఎప్పుడైతే వచ్చిందో, అప్పుడే కదలికా, వేగమూ, కొలబద్దలు పొట్టికావడమూ, కాల అంతరము (interval) పొడవు కావడమూ, జరుగుతాయి!

యూక్లిడు చెప్పిన మూడు కొలతల అంతరాళములో O అనే ప్రేక్షకుడు P Q అన్న రెండు బిందువుల దగ్గర



జరిగిన ఘటనలు గుర్తించాడు. P దగ్గరి ఘటనకు నిరూపక దూరములు(Co-ordinates) P^1x^1, P^1Y^1, P^1o అన్నవి. వీటిని సౌకర్యము కోసము వరుసగా x, y, z లందాము. అలాగే Q కి నిరూపకములు XYZ లు. యూక్లిడు క్షేత్ర గణితము ప్రకారము $oP^2 = x^2 + y^2 + z^2$ అదేరీతిగా $OQ^2 = X^2 + Y^2 + Z^2$ కనుక

$$QP^2 = (X-x)^2 + (Y-y)^2 + (Z-z)^2$$

ఇప్పుడు 'O' కాక, ఇంకొక ప్రేక్షకుడు మరొక చోటునుంచి ఈరెండు ఘటనలనూ గుర్తించి, తన అక్షములను బట్టి నిరూపకాలను కొలిచి QP^2 ని విలువ కట్టినట్లైతే ఈ $[(X-x)^2 + (Y-y)^2 + (Z-z)^2]$ కి సమమైన విలవే వస్తుంది! కనుక మన మూహించగలుగుతూన్న ఈ మూడు అక్షముల యూక్లిడియను ప్రదేశ అంతరాళము లో QP^2 అన్నది – లేదా QP అన్నది – అచంచలమైన కొలత. ఎవరు లెక్క గట్టినా అంతే వస్తుంది. మూడు కాక నాలుగు అక్షముల యూక్లిడియను అంతరాళమే ఉన్నదనుకుంటే ఈకొలతలో నున్న మూడు భాగములకు $(M-m)^2$ వంటిది నాలుగోది కలుపుకుంటాము. అప్పుడూ ఈ నాలుగు భాగాలమొత్తము QP^2 ఎక్కడివారు కొలిచినా అచంచలమైనదే.

యూక్లిడియను అంతరాళమో మరేదో తెలియని అంతరాళములో QP^2 అన్నది యూక్లిడియను అంతరాళములోవలె మూడు (లేక నాలుగు) వర్గీకృత ధనభాగాల

మొత్తము (sum of four positive squared terms) గా కాకుండా మరొకలాగు పర్యవసిస్తే ఏమనాలి ? యూక్లిడు అంతరాళము మూడు తిన్నని (straight) కొలతలఅంతరాళము. దానికి భిన్నమైనది ఋజురేఖల కొలతలు గల అంతరాళము కాదు, మరి ? వక్రత (curvature) కల అంతరాళమే కదా ?

మనము ఉన్న అంతరాళములో కాలము కూడా ఒక అక్షమంటిని. "బాండంగులో పంచశీల సభ జరిగినది" అన్న ఘటనను వర్ణించుటకు బేండంగుకు ప్రదేశనిరూపకాలు మాత్రమే కాక కాలమును తెలిపే నిరూపకము ఒకటివుండాలి కదా ? ఒకడు ఏరోప్లేను మీాద ప్రయాణిస్తూ, వేరొకడు మోటారు మీాద పయనిస్తూ చూస్తారు రెండు ఉల్కలు మెరవడము. ఒకొక్క మెరుపుకీ వారికొలతలు-మూడు దూరపు కొలతలూ ఒకే కాలపు కొలతా-పుచ్చుకుని ఈ కొలతల సాపేక్షత గుర్తించుకుంటూ మిన్‌కోవ్‌స్కీ అన్న గణిత శాస్త్రజ్ఞుడు ఇందాకటి QP^2 వంటి అంతరమును లెక్కగట్టితే, $[(X-x)^2 + (Y-y)^2 + (Z-z)^2 - (CT-ct)^2]$ గా తేలినది ! ఇదేగాని వక్రతలేని యూక్లిడియను అంతరాళమే అయితే ఆఖరిభాగము $(CT-ct)^2$ అన్నముక్క ఋణము (Negative) కాక ధనము (Positive) కావాలి. అది ఋణము కావడముతో (మిన్‌కోవ్‌స్కీ లెక్కలవల్ల) మనము వ్యవహరించే ఈ అంతరాళము వక్రమనీ యూక్లిడియను

కాదనీ తేలిపోతోంది! కాలము అన్నది అదనంగా ప్రవేశించడము వల్ల ఇది వక్రమైనది కనుక దీనిని కాలాంతరాళము (time space) అన్నారు. పై అంతరము QP^2 అన్నది మొత్తముమీద ఒక ప్రదేశభాగమూ ఒక కాలభాగముతో $x^2 - t^2$ అన్నట్టుగా తేలింది కదా? x అన్నది దూరమూ t అన్నది కాలమూను. యూక్లిడియను అంతరాళములో దూరములతో మాత్రమే ఏర్పడ్డ QP^2 (అంతరము) మనమున్న అంతరాళములో (కా^{2} - కా^{2} అని దూరాన్నీ కాలాన్నీ ఆకళించుకొన్నది. కనుకనే ఇది కాలాంతరాళము. మనమున్నది అంతరాళముకాదు కాలాంతరాళము.

యూక్లిడ్ న్యూటన్, అయిన్‌స్టీన్.

ఈ మన కాలాంతరాళము వక్రము. మన అంతరాళమే కాదు. గురుత్వాకర్షణవున్నదనుకున్న ఖగోళాలకు చుట్టూ వున్న అంతరాళమూ వక్రమే, యూక్లిడియను అంతరాళము కానేకాదు అన్నాడు అయిన్‌స్టీను. యూక్లిడు, స్థిరముగా వుండడమే వస్తువుల లక్షణమని నమ్మినవాడు; బిందువుల (points) నిర్దేశము చక్కగా చెయ్యగలిగిన క్షేత్రగణితము నిర్మించాడు. న్యూటను "స్థిరముగా వుండడమూ (కదులుతూ వుండినట్లైతే) సమాన వేగముతో ఋజురేఖలో గమిస్తూండడమూ వస్తువుల నైసర్గికగుణ మని" గుర్తించాడు. మొదటి భాగమును యూక్లిడు వంటివారుచెప్పేవున్నారు కనుక న్యూటను "ఇతర శక్తుల ప్రభావము లేకపోతే వస్తువులు ఋజురేఖలో సమాన వేగంతో ప్రయా

ణిస్తూనే వుంటాయి" అన్నాడు. ఈవార్తనే అయిన్‌స్టీన్ పదార్థాలు కాలాంతరాళములో (time space) అనుకూల మార్గాలలో పడతాయి" అన్నాడు. "ఒక వస్తువు స్థిరముగా వున్నది" అన్నమాటకు యూక్లిడు అంతరాళములో అన్వయము కుదురుతుంది. దానిలో మూడే నిరూపకాలు. (x, y, z) అనుమాడు కొలతలూ మారకుండా స్థిరంగావుంటే ఆ వస్తువు మూడు అక్షాలకూ సాపేక్షంగా స్థిరంగా వున్నట్టే. చలనమును వర్ణించి కాలగమనాన్ని కూడా గుర్తించుకున్నప్పటికీ, దాన్ని దూరములనుంచి కేటాయింపు చేసిన న్యూటను కూడా యూక్లిడు అంతరాళాన్నే ఆమోదించాడు. కనుక న్యూటను అభిప్రాయములోనూ, "ఒక వస్తువు స్థిరముగా వున్నది" అనడములో విపరీతము లేదు. అయిన్‌స్టీనుదృష్టిలో మాత్రము మనఅంతరాళములో కాలముకూడా ఒక అక్షము (axis). దూరములను సూచించే నిరూపకాలు మారకపోవడముచుబట్టి ఒకవస్తువు స్థిరంగానే వున్నదన్నప్పటికీ (కాలము గడుస్తూ ఉన్నది కనుక) ఆవస్తువును నిర్దేశించే నిరూపకాలలో కాలమును సూచించే అక్షము వెంబడిని అది ప్రయాణిస్తూనే వుంటుంది కనుక "ఒక వస్తువు కాలాంతరాళములో పడుతూనే వుంటుంది" అన్నది పై "ఒకవస్తువు స్థిరముగావున్నది" అన్న యూక్లిడు, న్యూటనుల వాక్యమునకు అయిన్‌స్టీను పాఠము.

ఈ పడడమన్నది కాలమును సూచించే అక్షము వెంబడినీ కావచ్చును, దూరమును సూచించే ఒక అక్షము వెంబడినీ కావచ్చును. ఈ రెండు పరిస్థితులనూ యూక్లిడు భాషలో, ఆవస్తువు స్థిరంగావుంది; అది ఒకేదిక్కుకి కదులుతోంది" అనాలి.

౮. గురుత్వాకర్షణ శక్తికాదు, కాలాంతరాళ వికృతి

మాట వరసకి ఒక వస్తువు దూరపు అక్షము వెంబడినే పడుతున్నది అని అనుకుందాం. దాని చుట్టుపట్ల ద్రవ్యమన్నది ఏదీ లేకపోతే దానిమీద "ఆకర్షణ" అనుకునేది ఏదీ ఉండదూ, అనగా అయిన్‌స్టీను ప్రకారము అక్కడి కాలాంతరాళము వికృతిచెందదూ, ఆచోట కాలాంతరాళానికి భాగమైన ప్రదేశాంతరాళము (మూడు దూరపు కొలతల అంతరాళము) యూక్లిడియను అంతరాళమే అవుతుంది. ఆవస్తువు న్యూటను చెప్పినట్లుగా సమాన వేగముతో ఋజురేఖలో గమిస్తుంది. (ఒకే అక్షము - అదిన్నీదూరపు అక్షము - వెంబడిని పడుతోంది వస్తువు, కనక తక్కిన రెండు దూరపు నిరూపకాలూసున్న.) ఆ వస్తువు 'పడే' దారికి చేరువగా పెద్దఖగోళ మున్నదను కొందాము. న్యూటను "ఆ వస్తువుని ఆ ఖగోళముయొక్క గురుత్వాకర్షణ

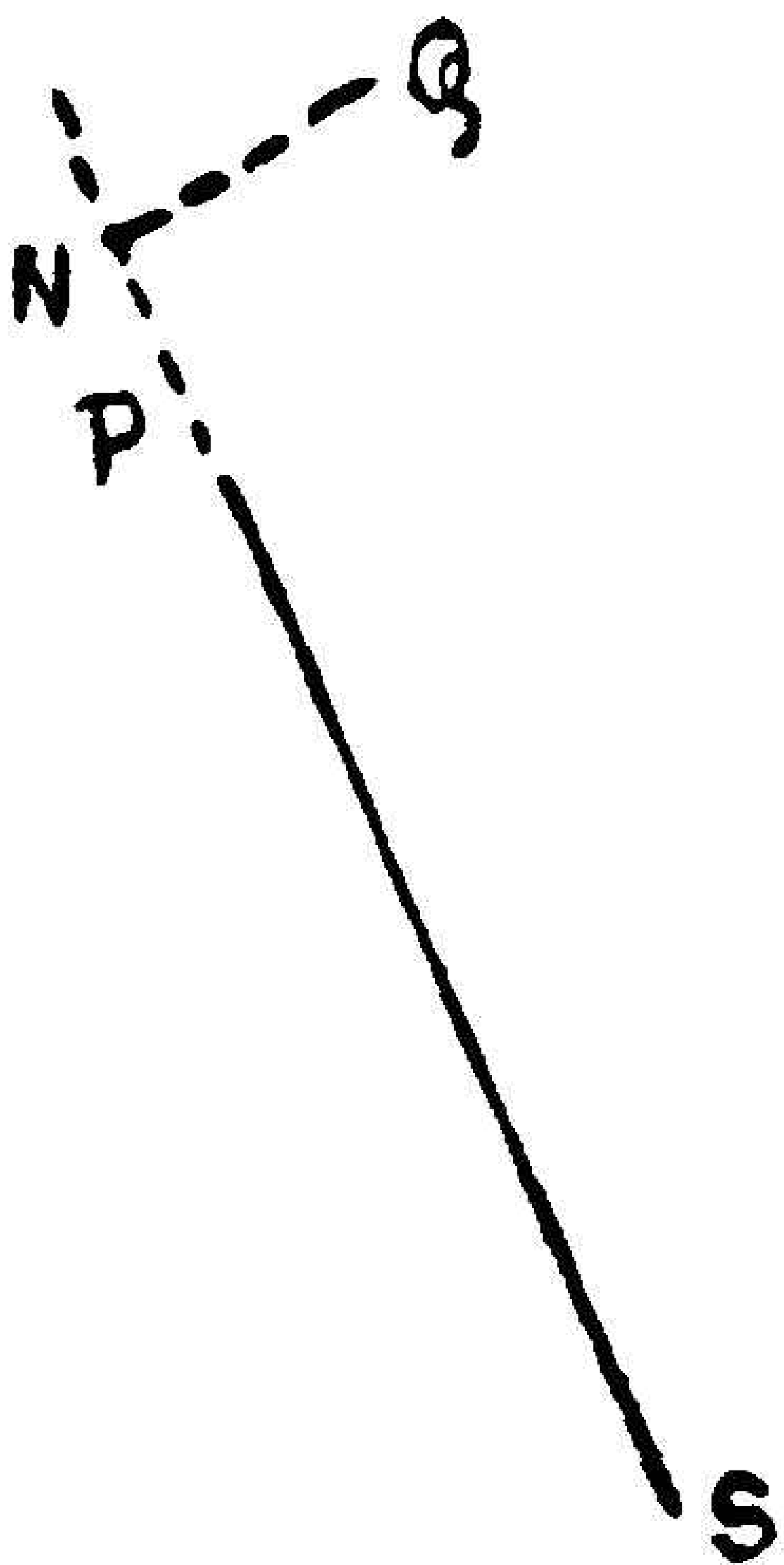
లాగుతుంది" అన్నాడు. అయిన్ స్టీను అంటాడు గదా:- "అప్పుడు ఆద్రవ్య రాశికి చుట్టూగల కాలాంతరాళము వికృతి చెంది వుంటుందీ, ఆగోళమునకు చేరువైన కొద్దీ, ఆగోళము పెద్దదైన కొద్దీ ఈ వికృతీ హెచ్చుగా వుంటుందీ, ఆ 'పడే' వస్తువు వికృతిచెందిన ఈ కాలాంతరాళములో వక్రమార్గంలో పడుతుందీ" అంటాడు. "ఈవక్రగమనము ఆగోళముయొక్క గురుత్వాకర్షణశక్తి వల్ల జరుగుతుంది" అన్నాడు న్యూటను. "గురుత్వాకర్షణ అన్నది ఎలాగుపని చేస్తుందో తెలియదు కదా, నేను చెప్పిన యీ కాళాంతరాళ వికృతీ క్రమంగా వస్తువు నుంచి దూరము ఎక్కువైన కొద్దీ తగ్గుతుందీ, కారణాలు కూడా ఇవిగో, కనక ఒకవస్తువు ఇంకొక వస్తువుని ఆకర్షిస్తుందీ అనడము అన్యాయముకాదూ; కాలాంతరాళ వికృతి వల్ల, పడేవస్తువు - అడవి లోంచిపోతూ చెట్లు అడ్డు ఉండడమువల్ల మనముచుట్టు తిరిగి పోయేటట్లు - ఆవికృతి ననుసరించి పడుతుందీ, అప్పుడు అది గోళానికి దగ్గిరకి వస్తుందీ, అంతేకాని గురుత్వాకర్షణ శక్తి వల్లకాదు, గురుత్వాకర్షణానికి ఈథరుకు వలెనే, ముక్కూ మూలమూ లేవు" అన్నాడు అయిన్‌స్టీను. సూర్యుడి చుట్టూ గ్రహాలూ, గ్రహాల చుట్టూ ఉపగ్రహాలూ తిరుగుతూండడానికి సూర్యగోళము చుట్టూ, గ్రహాలచుట్టూ వుండే కాలాం

తరాళ వికృతే కారణమన్నాడు అయిన్‌స్టీను. ఈ వికృత అంతరాళములో గ్రహాలు అనుకూల పరిధులలో-కక్ష్యలలో-తిరుగు తున్నాయి - కాదు కాదు - 'పడు' తూన్నాయి!

౧౦ ఎడమ చెయ్యి తీస్తే పుర్ర చెయ్యా ?

"నీ ఎడమ చెయ్యి తీస్తే నా పుర్ర చెయ్యి పెట్తాను" అనడము లాగ కనిపిస్తుందిది. కాని, కాదు; 'గురుత్వాకర్షణ' అంటేనూ కాలాంతరాళ వికృతి అంటేనూ ఫలితము ఒకటి కాదు. అతిక్లిష్టమైన టెన్సారు కుట్టక (Tensor calculus) పద్ధతిని ఉపయోగించి, 12 సంవత్సరాలు శ్రమించి అయిన్‌స్టీను పెద్ద ద్రవ్యరాశి చుట్టూ వుండే కాలాంతరాళ వికృతిని పరిశీలించి లెక్క గట్టాడు. ఆతని లెక్కలు ప్రపంచము మొత్తములో పంద్రెండుగురు మాత్రము అర్థము చేసుకున్నారట. ఉదాహరణతో చెప్తే ఆలెక్కల వైనం ఇది:

S అన్నది సూర్యుడు. P, Q అన్నవి సూర్య గోళానికి చేరువగా జరిగిన రెండు ఘటనలు. QN అన్నది పొడిగించిన SP మీాద దిగే లంబరేఖ. Q కీ P కీ గల 'అంతరము' తెలిపే సమీాకరణము.



$$అం^2 = \left(1 - \frac{2m}{sp}\right)t^2 - QN^2 - \left(1 + \frac{2m}{SP}\right)PN^2$$

అని లెక్క గట్టాడు అయిన్‌స్టీన్. గురుత్వాకర్షణ శక్తే నిజమనీ, కాలాంతరాళ వికృతి లేనేలేదనీ అనుకుంటే తేలే సమీకరణమిది:

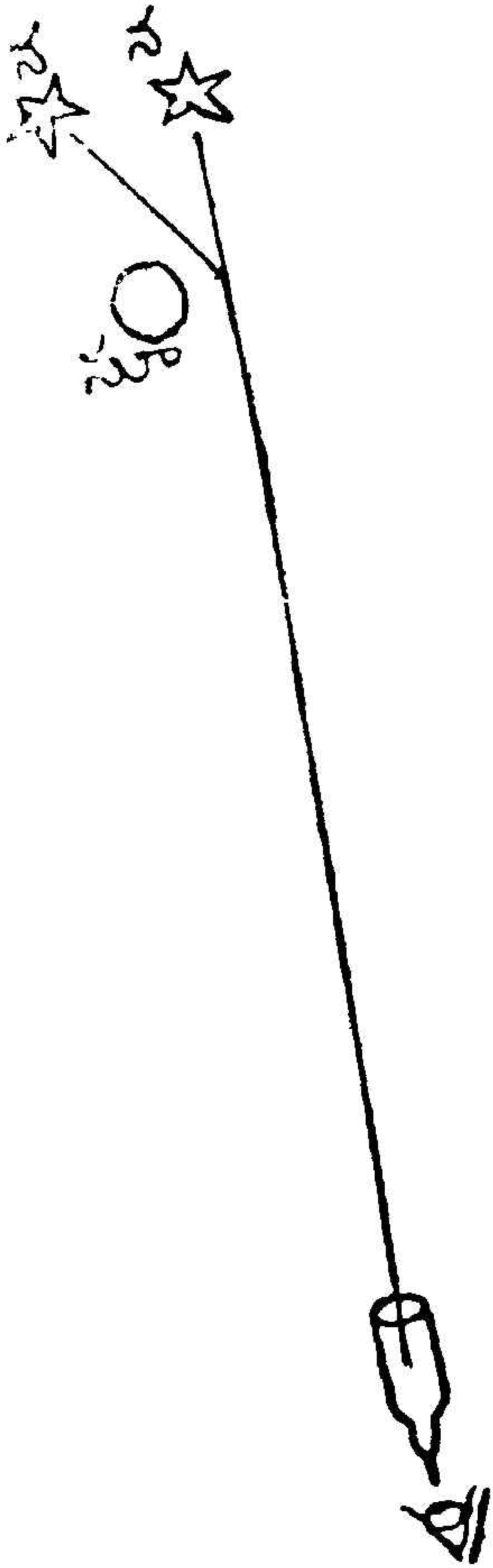
$$అం = \left(1 - \frac{2m}{SP}\right)t^2 - QN^2 - PN^2$$

కాగా, $- \frac{2m}{SP} . PN^2$ అన్న భాగము అయిన్‌స్టీన్ లెక్కలవల్ల అదనంగా ప్రవేశించింది. కాబట్టి కాలాంతరాళ వికృతి "అన్నది" గురుత్వాకర్షణ శక్తికి మారు పేరు కాదు. గురుత్వాకర్షణ శక్తిని చక్కదిద్దింది కాలాంతరాళ వికృతి అన్న నవదృష్టి. ఈదృష్టితో చేసిన లెక్కలు జగత్తులో జరుగుతున్న సూక్ష్మ సూక్ష్మతర భౌతిక దృశ్యాలతో సరిపోయి దాఖలా యిస్తున్నాయి. "విశ్వమంతా ఖగోళాలతో దేశ కాలావధుల నేవి లేకుండా వుంటుంది" అన్నది వైజ్ఞానికు లందరూ అంగీకరించిన నమ్మకము. విశ్వాంతరాళంలో ఏమూల చూచినా ఖగోళాలు అక్కడా అక్కడా ఉంటూనే వుంటాయి. కనుక ద్రవ్యసాంద్రత (density of matter) విశ్వమందంతటా మొత్తము మీద సమానంగానే వున్నదని వైజ్ఞానికు లందరూ అంగీకరిస్తారు.

న్యూటన్ గురుత్వాకర్షణ సూత్రము ప్రకారము ఒక ద్రవ్య రాశి ఇంకొక ద్రవ్యరాశిని ఆకర్షిస్తుంది. ఈఆకర్షణ ప్రభావము చేత విశ్వములో వుండే ఖగోళద్రవ్యరాశి అంతా ఒకచోట గుమికూడేఉద్యమములో వుండాలి. అనగా ఒకచోట ద్రవ్య ముండడమూ దానిచుట్టూ తక్కిన గోళాలు గుమికూడు తూండడమూ జరగాలి. అది జరుగుతూన్నట్లు కనబడదు. ఖగోళాలు ఒకదాని కొకటి దూరంగా పోతూ జగత్తుని విస్తరింప జేస్తున్నాయట కూడాను.

– కాంతి కిరణాలు వక్రించడము –

వెల్తురు అన్నది కణములుగా – శక్తిగుళికలుగా – ప్రయాణిస్తుందని అయిన్‌స్టీన్ ఒక వైజ్ఞానిక ప్రయోగ ఫలి తాన్ని (కిరణజన్య విద్యుత్ఫలితాన్ని వివరించే యత్నంలో నిరూపించాడు. ఈ సిద్ధాంతమువల్ల కాంప్టన్ ప్రభావము (Compton effect) కూడా బోధ అవుతుంది. ఈ తేజో కణాలకు ద్రవ్యరాశి వున్నదనీ చెప్పవచ్చును. ఇవి ఏనక్షత్రం నుంచో బయలుదేరి సూర్యబింబాన్ని ఇంచుమించుగా రాసుకు పోతూన్నప్పుడు ఆబింబంయొక్క ద్రవ్యరాశివల్ల అవి ఆక ర్షించబడి వాటి మార్గంనుంచి కొంచెము వక్రించి ప్రయాణిం చాలి. న్యూటన్ గురుత్వాకర్షణ శక్తి సిద్ధాంతం ప్రకారం.



'న' అనే నక్షత్రంనుంచి వచ్చే కాంతి 'సూ'ర్యుని బింబానికి చేరువగా పోతూ, సూర్యబింబ గురుత్వాకర్షణ (gravitation) వల్ల వంగి, భూమిమీది 'దూ' రదర్శినిలో 'న*' దగ్గరనుంచి వస్తున్న కాంతిలాగ ప్రవేశిస్తుంది. సంపూర్ణ సూర్యగ్రహణ కాలంలో క్రమ్మిన చీకటిలో 'న*' దగ్గర కనబడనూ కనబడుతుంది. ఆ కారణమువల్ల వాస్తవంగా 'న' దగ్గరున్న నక్షత్రము 'న*' దగ్గరున్నట్టుగా కనబడుతుంది. న్యూటన్ సిద్ధాంతం ప్రకారము లెక్కవేస్తే ఒక ఉదాహరణలో నక్షత్రము కంటిమీద 0.85 సెకనుల (డిగ్రీలో అరవయ్యోవంతు నిమిషమూ, నిమిషములో 'దూ'అరవయ్యోవంతు సెకనూను) కోణము పొడిచేటట్టుగా 'న' నుండి న* కు జరగాలి అని తేలింది.

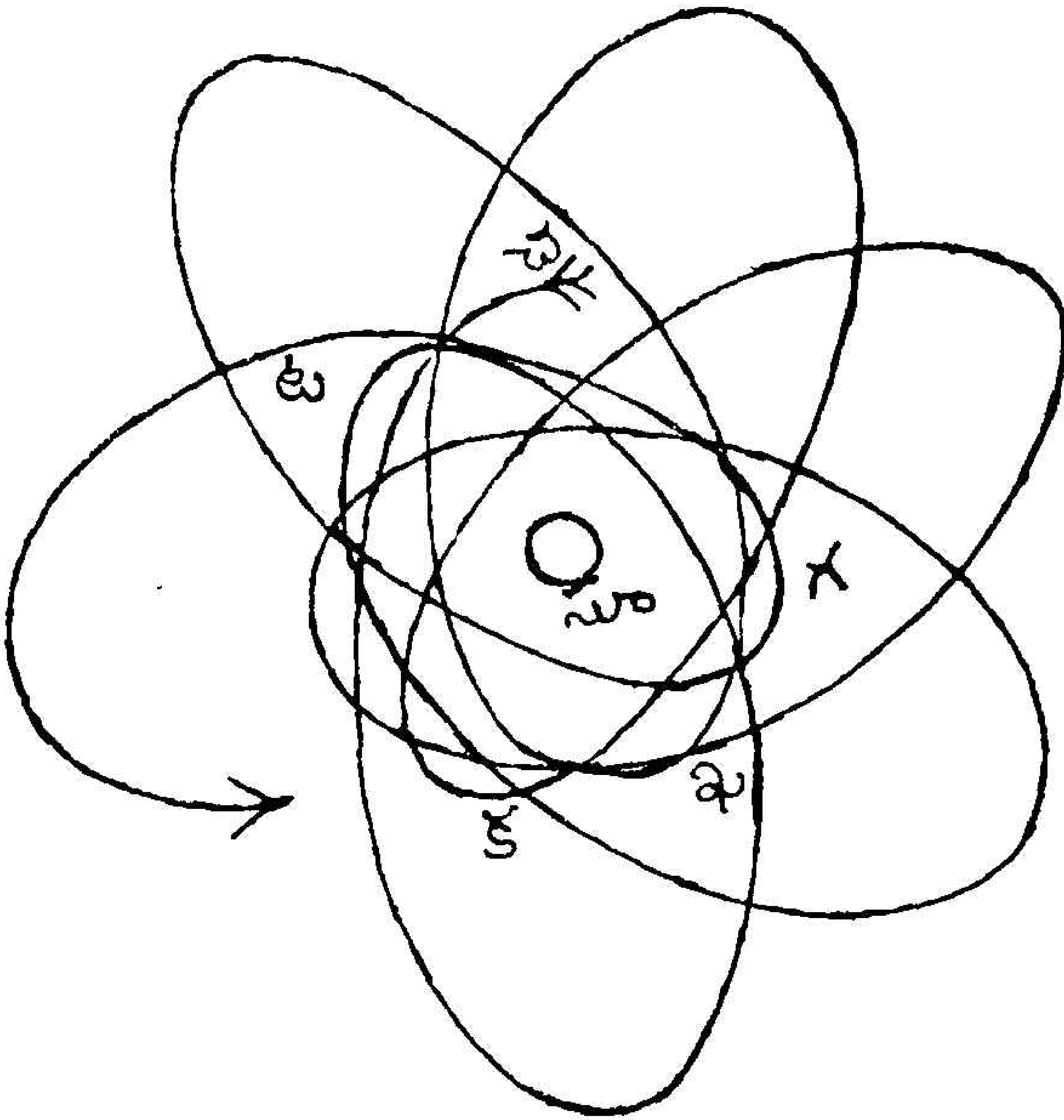
అయిన్‌స్టీన్ సిద్ధాంతము ప్రకారము సూర్యబింబం చుట్టుగల కాలాంతరాళము వికృతి చెందుతుందీ, ఆవికృత కాలాంతరాళంలో ప్రవేశించిన కాంతి శక్తికణాలు (అనగా కాంతికిరణము అని చెప్పకుందాం ప్రస్తుతానికి) తమ మార్గాన్ని తప్పి

ప్రయాణిస్తాయి. ఈనాని లెక్కల ప్రకారము వక్రించె కోణము 1.75 సెకనులు — న్యూటన్ లెక్కకి రెండు రెట్లు — వచ్చింది. 1919 సంవత్సరము మే నెల 29 వ తేదీన సంపూర్ణ గ్రహణము జరిగింది. ఆ సందర్భాన్ని పురస్కరించుకుని బ్రెజీలు లోని ఉత్తరరాష్ట్రాలకు ఒక వైజ్ఞానిక సంఘమూ గినీకుడ ప్రాంతానికి ఇంకొక వైజ్ఞానిక దళమూ చేరి పరీక్షించాయి. ఒకరికి 1.31 సెకను లకూ 1.91 సెకనులకూ నడుమగా తేలింది వక్రతాకోణము; ఇంకొకరికి 1.86కీ 2.10 కీ నడుమగా తేలింది. ఎక్కడి 0.85 సెకనులూ, ఎక్కడి 1.86 సెకనులు! 1922 వ సంవత్సరంలో లిక్ నక్షత్ర వేధ శాలవారు 1.72 సెకనులు వచ్చిందన్నారు. దీన్ని చక్క దిద్దితే 2.05 సెకనులైంది. (న్యూటన్ లెక్కవైపు జరగలేదు!) అయిన్‌స్టీన్ సిద్ధాంతానికి ఉపపత్తి (Proof) వచ్చిందన్న మాట. "మీ సిద్ధాంతానికి నిరూపణ లభించిందే?" అన్నాడట ఒక వైజ్ఞానికుడు. అయిన్‌స్టీను జవాబిచ్చాడట కదా, "నిరూపణ కావలసినది నాకుకాదు, మీకు" అని!

నిజమే. మహామేధావులు సృష్టిరహస్యాన్ని తమ వైజ్ఞానిక నేత్రాలలో చూచి గ్రహిస్తారు. వారు చేయవలసినది ఇతరులకు బోధపడగల వివరణము మాత్రమే. తన కాలాంతరాళ వికృతి వాదాన్నిబట్టి అయిన్‌స్టీన్ ఇంకో రెండు జగద్రహస్యాలు బయటబెట్టాడు.

బుధగ్రహ భగణ భ్రమణము

బుధగ్రహము సూర్యుడి చుట్టూ అతివేగంగా అండవృత్త మార్గంలో తిరుగుతోంది. ఈ అండవృత్తము యొక్క నీచ బిందువు (perihelion) శతాబ్దానికి 574 సెకనులచొప్పున



క నుంచి ఖ కీ, ఖ నుంచి గ కీ, అలాగే చ,ట, లకీ జరుగుతోంది ఈజరుగుడు ఇతర గ్రహముల గురుత్వాకర్షణ వల్ల కావచ్చునని లెక్కవేస్తే 532 సెకనులు లెక్కకి వచ్చాయి. మిగిలిన 42 సెకనులూ నక్షత్రశాస్త్రజ్ఞులకు గడ్డుసమస్య అయి కూర్చున్నాయి. కొందరు జ్యోతిశ్శాస్త్రజ్ఞులు మనము

గుర్తించని గ్రహము ఇంకొకటి బుధగ్రహ సమీపాన వున్నదేమోనని లెక్కలు వేశారు. అలాటిగ్రహము ఎవరి వేధకూచిక్కలేదు. అయిన్‌స్టీను సూర్యగోళసమీపకాలాంతరాళ వికృతినీ, బుధగ్రహము తన కక్ష్య యొక్క నీచ బిందువు వద్ద ఉన్నప్పుడు దానికి వేగాతిశయము వల్ల సమకూడే ద్రవ్యాతిశయాన్నీ, ఈ అతి శయ ద్రవ్యము వికృత కాలాంతరాళములో అవలంబించే మార్గాన్నీ లెక్కగట్టాడు. అలెక్క వల్ల బుధగ్రహ భగణ నీచ బిందువు శతాబ్దానికి 574 సెకనులు ముందుకు జరగాలని తేలింది! కాలాంతరాళ వికృతి వాదానికి ఇది క్రొత్త ఫలము.

వర్ణ పట రేఖా స్థాన చలనము

అయిన్‌స్టీన్ సిద్ధాంతానికి ఇంకొక ఫలము. మంట నుంచి వెలుగు రావడము మనమంతా చూచే వున్నాము. సూర్య గోళము మీది వేడిమికి కలత పడిపోయి అక్కడి ఉదజనీ, హీలియమూ, ఇత్యాది మూల పదార్థాల పరమాణువులు వెలుతురు చిమ్ముతాయి. ఆ వెల్తురు లన్నీ చేరి ఏర్పడినదే సూర్యరశ్మి. సూర్య గోళపు ద్రవ్యరాశి భూగోళపు ద్రవ్యరాశి కంటె చాల ఎక్కువ. అక్కడి కాలాంతరాళ వికృతీ ఎక్కువే. కనక భూమి చుట్టూ వుండే కాలాంతరాళంలో స్పందించే పర మాణువుల కన్న సూర్య గోళం చుట్టూ వున్న పర మాణువులు నెమ్మదిగా

స్పందిస్తాయి. సూర్య రశ్మిని పట్టకము (prism) లోంచి పంపితే ఏర్పడే వర్ణపటము (spectrum) లోని లుప్త రేఖలు (Fraunhofer lines) పైన చెప్పిన నెమ్మది వల్ల, కొంత ఎరుపు వర్ణము వైపు జరగాలి. సూర్య రశ్మి వర్ణ పటాన్ని, భూమి మీద ఉదజనీ, హీలియమూ ఇత్యాది వాయువుల మిశ్రమమును వెలిగించి పట్టిన వర్ణ పటాన్ని పక్క పక్కల చేర్చి చూస్తే కనబడాలి సూర్య పట రేఖల ఈ జరుగుడు. కొందరు వైజ్ఞానికు లీ జరుగుడు ఉన్న దన్నారూ, మరి కొందరు లేదన్నారు. విల్సను వేధశాలలో పనిచేసే ఏడమ్సు సిరియసు దగ్గర ఉన్న నక్షత్రము యొక్క కాంతిని పరిశీలించాడు. రేఖా చలనము 0.32 ఏంగ్స్ట్రాములు వచ్చింది. దీనిని బట్టి ఆ నక్షత్రపు కొలతలను లెక్క గట్టితే దానివ్యాసార్ధము 18000 కైలో మీటర్లు వచ్చింది. ఈకొల్త తక్కిన పద్ధతుల కొల్తలతో సరిపోయింది. అయిన్‌స్టీను ఇందాకా అన్నమాట జ్ఞాపకము చేస్తాను. 'నిరూపణ కావలసినది మనకే, ఆయనకుకాదు.'

౧౧. సార్వత్రికసాపేక్షతా వాదము

సమాన సాపేక్ష వేగం గల జడసంస్థలకు మాత్రమే సమాన రూపంతో వర్తించే భౌతిక సూత్రాలను సర్వసంస్థలకూ వర్తించే రూపానికి దిద్దవలె నని అయిన్‌స్టీను పండితుని ఆశ

యము. ఆ యత్నములో జడసంస్థలు కాక వస్తువులకు త్వరణము కలిగించే ఖగోళాలూ, వాటి కాలాంతరాళ వికృతీ, వికృతి పొందిన కాలాంతరాళములో తారుమారయి పోయే దూరాలూ -, సెకనులూ-, కోలాహలమూ చేరి సార్వత్రిక సాపేక్షతని క్లిష్టాతి క్లిష్టము చేశాయి. కొలతలే మడతపడి పోతుంటే సూత్రాల మాట ఏమి చెప్పగలమూ?

వికృతి పొందిన సంస్థలలో దూరములా, కాలములా కొలతలు మడతపడి పోతున్నాయని గుర్తించి కొలతలమీద ఆధారపడని క్షేత్రవిభాగవర్ణ నకోసము వెతికేడు అయిన్‌స్టీను. యూక్లిడు క్షేత్రవిభాగములో మూడుకొలతలూ, కాలాంతరాళములో నాలుగు కొలతలూ, ఇచ్చి ఒక ఘటనను నిర్దేశించాము, లేదా, వర్ణించాము. మరి, కాలాంతరాళ వికృతి వల్ల, ఖగోళాల సమీపమంతా కొలతలను తారుమారు చేసేట్టైదె పోతోంది. ప్రకృతి సూత్రాలు ఆ అంతరాళాలకు కూడా వర్తించాలంటే, అవి, (మడతపడిపోయే) కొలతలమీద కాక వేరే నిరూపకాలమీద ఆధారపడే క్షేత్రవిభాగాన్ని ఉపయోగించాలి. అప్పుడు గాని సర్వసంస్థలకూ అవి వర్తించలేవు. గాస్స అనే గణిత శాస్త్రజ్ఞుడు తనలెక్కలలో అలాంటి క్షేత్రవిభాగము చేశాడు. ఒక నగరములోని వీధులకూ ఆవీధులలోని ఇండ్లకూ నంబర్లు ఇచ్చామనుకోండి. ఫలాని నంబరు ఇల్లు అనగానే కొలతలతో సంబంధము లేకుండానే

దానిని గుర్తుపట్ట వచ్చును కదా? ఈ నంబర్ల వంటివే గౌసియను నిరూపకములు (co-ordinates) ఇట్లాగ నంబర్లిచ్చి విభాగించినది గౌసియును సంస్థ. దీనిలో ఎక్కడ వేలు పెట్టినా అక్కడి నంబరు దాని చుట్టుపట్లవున్న నంబర్ల కంటె కొంచెము భిన్నముగా వుంటుంది. అయిన్‌స్టీను అన్నదిది: "ప్రకృతి సూత్రాలన్నవి అన్ని గౌసియను సంస్థలకూ సమాన రూపముతో వర్తిస్తాయి" అని. యూక్లిడు నిరూపకాలతో వర్ణించిన దూరాల్నీ కాలాన్నీ, (సమాన సాపేక్ష వేగం గల జడసంస్థలకు వర్తించేట్టుటగా) లొరెంజు మారకపు సమీకరణాలు (Lorentz tranformation equations) ఉపయోగించి దిద్దుకుంటే పరిమిత సాపేక్షత సిద్ధించింది భౌతిక సూత్రాలకు. ఇప్పుడు సార్వత్రిక సాపేక్షత సిద్ధించాలంటే జడసంస్థలకు వర్తించే మారకపు సమీకరణాలను గౌసియను సంస్థల భాషలోకి సరిదిద్దుకోవాలి. అన్ని గౌసియను సంస్థలూ సరిసమానములే కనుక ప్రకృతి సూత్రాలు అన్ని గౌసియను సంస్థలకూ సమానంగా వర్తిస్తాయి. ప్రకృతి సూత్రాలు (x_1 x_2 x_3 x_4) వంటి గౌసియను నిరూపకాలను నిర్దేశించి పలుకుతాయీ, ఈ నిరూపకాలు ఇంకొక నాలుగుగా మారినప్పటికీ సూత్రాలు ఆరూపంతోనే వర్తిస్తాయి. అయితే అలాటి సూత్రాలు ఇంకా నిర్మాణము కాలేదు. విశ్వాన్నంతటినీ - గురుత్వాకర్షణ శక్తిని ఇముడ్చుకున్నట్లే - విద్యుదయస్కాంతిక శక్తులనూ, ద్రవ్యస్వభావాన్నీ ఇముడ్చు

కున్న ఏకైక క్షేత్రవాదము కడుపులోకి నెట్టవలెనన్న అయిన్‌స్టీను యత్నము పూర్తిగా నెగ్గలేదు. అయిన్‌స్టీను ఒక్కడు కనుక్కున్న విజ్ఞానవస్తువే మనల్ని ఆశ్చర్యనిమగ్నుల్ని చేస్తుంది. "మనము గమిస్తున్నామో స్థిరంగా వున్నామో మనము కనుక్కోలేము. సాధన సంపత్తి లేక కాదు; గమన స్వభావమువల్ల. నిలకడకూ, సమాన వేగ గమనముకూ భేదము లేదు! వెల్తురు వేగమును మించే వేగమేదీ సాధ్యము కాదు! కాలమూ దూరమూ కొలతలు కొలిచే వారినిబట్టి ఉంటాయి! ద్రవ్యమూ శక్తీ ఒక్కటే! మన విశ్వము – ఉబ్బిన బెలూను ముఖతలము (Surface) వలె వక్రము. ఖగోళాల సమీపాన ఇంకా వక్రము. వాటికి చేరువగాపోయే వెల్తురుగాని వస్తువుగాని ఆ వక్రమార్గములో పోతుంది! విశ్వమంతా – అర్థము చేసుకోవాలిగాని – అతి సరళమైన నిర్మాణము కలది!" మానవులలో ఏ ఒక్కరూ ఇంత వస్తువును గుర్తించలేదు.

———

వేమన పంచాయతీ గ్రంథాలయం,
తేలప్రోలు :: కృష్ణా జిల్లా.

ఈ పుస్తక రచనలో సాయపడిన గ్రంథములు

Relativity	అయిన్‌స్టీను
Readable Relativity	Durell
Space, time & gravitation	Eddington
Relativity	Scientific American Competition Essays
Relativity and gravitation	Lewis and Tolman
Physics of the Atom	Grimsehl
Physical Optics	R. W. Wood
Modern Physics	Richtmyer
Atomic Structure and Spectral lines	Sommerfeld
A. B. C of Relativity	Russel
The Evolution of Physics	Albert Einstein & Leopold Infeld.

88

సరస్వతీ పవర్ ప్రెస్
రాజమహేంద్రవరము

BCI

TPLA102B134 BC -

ఆంధ్రగీర్వాణ విద్యాపీఠము

శ్రీ వల్లూరి సూర్యనారాయణరావుగారి గ్రంథనిధి

ప్రచురితముల పట్టిక

రు. నపై.

*1. వర్ణాశ్రమ ధర్మపరిణామము — 0–50
వల్లూరి సూర్యనారాయణరావుగారు, B.A., B.L.

*2. అంతర్జాతీయ ధర్మశాస్త్రము - వల్లూరి సూర్యనారాయణరావుగారు 0–37

3. to 6 మనఃస్వాతంత్ర్యము 4 భాగములు. (ఒక్కొ-క్కటి) — 0–50
వల్లూరి సూర్యనారాయణరావుగారు

7. సూర్యనారాయణీయము (స్వీయచరిత్ర) — 0–62
వల్లూరి సూర్యనారాయణరావుగారు

8. రాజ్యాంగ వివేకము, మొదటిభాగం. రె. మందేశ్వర శర్మగారు — 1–00

*9. వేదకాలపు స్త్రీలు - జటావల్లభుల పురుషోత్తముగారు, M.A. — 0–62

*10. స్మృతికాలపు స్త్రీలు - జటావల్లభుల పురుషోత్తముగారు, M.A. — 0–62

11. ఆహార విజ్ఞానము - డాక్టరు మల్లాది రామమూర్తిశాస్త్రులుగారు — 1–00

12&13. దక్షిణాఫ్రికా సత్యాగ్రహము 2 భాగములు (ఒక్కొక్కటి) — 1–00
గొల్లపూడి సీతారామశాస్త్రిగారు

14. శాస్త్రము - యుద్ధము - పింగళి వెంకట్రామయ్యగారు, M.[illegible]

15. సృష్టి విచారము - దేశభక్త కొండా వెంకటప్పయ్యగారు

16. నక్షత్రములు
గొబ్బూరి వేంకటానందరాఘవరావుగారు, B.A., B.L.

17. భౌతికాధ్యాత్మిక విజ్ఞానాలు
వసంతరావు వేంకటరావుగారు, M.Sc.

18. ఛాయాగ్రాహము - వాడ్రేవు బాపిరాజుగారు, B.A., B.L. — 5–00

19. రామరాజ్యము–కుశలవులు — కాళూరి వ్యాసమూర్తిగారు — 2-50

20. అయిన్‌స్టీన్ సాపేక్షతావాదము - శ్రీపాద గోపాలకృష్ణమూర్తిగారు — 1-00

సూచన :- వెలలు కాక పోస్టుఖర్చులు వేరు.

పై గ్రంథములు కావలసినవారు ఈ క్రింది చిరునామాకు వ్రాయవలయును.
* ఈ గుర్తుగల గ్రంథములు అయిపోయినవి.

సెక్రటరీ

ఆంధ్ర గీర్వాణ విద్యాపీఠ పాలక సంఘము

కొవ్వూరు, ప. గో. జిల్లా



మనసు ఫౌండేషన్

పుస్తకాల పరిశీలనాపట్టిక

పుస్తకం సంఖ్య	TPLAnO2B134
పుస్తకం పేరు	Gauనేషన్ సౌహిత్యలోకోవిదుడు
తారీఖు	25/10/24
ముందు అట్ట	yes
వెనుక అట్ట	yes
మొత్తం పేజీలు	103
పెద్ద సైజు పేజీలు	NO
ఖాళీ పేజీలు	OI, BCI, 4
లేని పేజీలు	NO
తయారు చేసినది	thasin
పేజీలు విడదీసినది	nandini
స్కాన్ చేసినది	Hema
పరీక్ష చేసినది	nandini
పేజీలు సరిచూసినది	
బైండింగు చేసినది	
ప్యాకింగు చేసినది	
స్కాన్ చెయ్యనివి	
తప్పులు	no
పరిస్థితి	good